



TESS advanced
Biologische Gewässergütebestimmung



PHYWE Schriftenreihe
TESS advanced
Best.-Nr. 30834-01

Autor der Versuchsliteratur und Versuchsdurchführung: Reno Graffitti

1. Auflage

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des auszugsweisen Nachdrucks und der fotomechanischen Wiedergabe, vorbehalten. Irrtum und Änderungen vorbehalten.

© PHYWE Systeme GmbH & Co. KG, 37079 Göttingen/Germany

Theoretischer Teil

1 Lebensraum Süßwasser

- 1.1 Gliederung von Fließ- und Stillgewässern und ihre biozönotische Abgrenzung
- 1.2 Energiefluß und Stoffumsatz in Süßwasserlebensräumen

2 Natürliche und anthropogene Veränderungen von Gewässern – Die Trophiestufen und das Saprobiensystem zur Gewässergütebestimmung

3 Dokumentation anthropogener Belastungen durch Bioindikatoren

4 Methoden biologischer Fließgewässeruntersuchung und Eichungsverfahren

5 Methoden der Stillgewässeruntersuchung

Praktischer Teil

6 Makroskopisch-biologische Untersuchungen von Fließgewässern und des Uferbereichs von Stillgewässern

6.1 Zwei unterschiedliche Untersuchungsmethoden für den Unterricht

6.2 Vorstellung der Tierformen mit Indikatorfunktion

6.3 Untersuchungsmethode nach **Xylander/Naglschmid**

6.3.1 Beschreibung des Verfahrens

6.3.2 Bestimmungsschlüssel nach Wassmann/Xylander

6.3.3 Bestimmungstabelle zur Auswertung der gefundenen Tiergruppen

6.4 Untersuchungsmethode nach **D. Meyer**

6.4.1 Beschreibung des Verfahrens

6.4.2 Erfassungs- und Auswertungsbogen

6.4.3 Beschreibungs- und Bestimmungsliste der Indikatororganismen

6.5 Ausstattung des Untersuchungskoffers

7 Einsatz des Computers für limnologische und abwasserbiologische Untersuchungen sowie den Gewässerschutz

8 Hinweis auf den Praktikumscoffer von PHYWE 30832.88 für chemo-physikalische Untersuchungen von Fließgewässern

1. LEBENSRAUM SÜßWASSER

Die *Limnologie* (= Süßwasserkunde, Seenkunde; Def.: *Lehre von den Lebensvorgängen, den Organismen und ihren Umweltbeziehungen im stehenden und fließenden Süßwasser*, nach Hütter, 1984) beschäftigt sich mit einer Vielzahl unterschiedlicher Süßwasser-Biotope.

Diese gliedern sich grob in *Fließgewässer* (Quellbereich von Fließgewässern, Bach, Fluß) und in *stehende Gewässer* (See, Weiher, Tümpel, Teiche). Im Gegensatz zu Fließgewässern, wo sich der Wasserkörper als „fließende Welle“ (Brehm u.a., 1982) in einem Gewässerbett mehr oder weniger ständig in Bewegung befindet, ruht dieser bei Stillgewässern oder zirkuliert nur phasenweise (z.B. Frühjahrs- und Herbstzirkulation dimiktischer Seen Mitteleuropas) in einem begrenzten Wasserbecken.

Während die Stillgewässer nach allen Seiten hin gegen das Land abgegrenzt sind, sind die Fließgewässer „nach oben und unten offene“ Systeme (Hütter, 1984), die einen Hin- und Abtransport der im Wasser gelösten und ungelösten Stoffe ermöglicht. „Es herrscht hier kein Kreislauf des Wassers und der

Nährstoffe, sondern ein zur Mündung hin gerichteter Transport. Die Milieufaktoren ändern sich nicht wie beim See vertikal, sondern von der Quelle aus stromabwärts“.

„Zwischen den Fließ- und Stillgewässern oder ihren Abschnitten bestehen im wahrsten Sinne des Wortes fließende Übergänge“ (Brehm, 1982). Mit abnehmender Fließgeschwindigkeit werden die Fließgewässer in ihren tieferen Zonen den Seen immer ähnlicher. Die Lebensbedingungen nähern sich an, was sich dann in größeren Übereinstimmungen in den Lebensgemeinschaften zeigt, „im Unterlauf finden sich häufiger Arten, die auch in stehenden Gewässern anzutreffen sind.“ (Xylander, 1985)

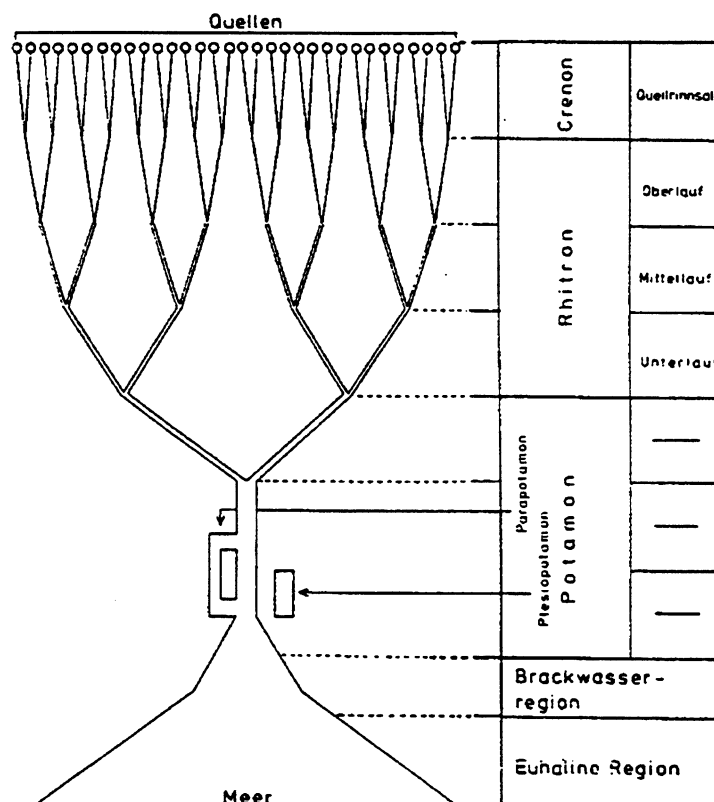
1. 1. Gliederung von Fließ- und Stillgewässern und ihre biozönotische Abgrenzung

Fließgewässer gliedert man grob in Quell-, Bach- und Flußbereiche (Abb. 1), die u.a. durch unterschiedliche Lebensgemeinschaften charakterisiert sind. Die der Bäche sind am besten untersucht, für Untersucher auch am besten erreichbar und somit auch für die Schülerarbeit besonders geeignet.

Abb. 1: Gliederung von Fließgewässern in Quell-(Crenon), Bach (Rhithron)-, Fluß (Potamon)-, Brackwasser (Estuar)- und euryhaline Region (Meer)

Parapotamon: Altwasser mit Verbindung zum Hauptfluß

Plesiopotamon: Altwasser ohne Verbindung zum Hauptfluß = stehendes Gewässer (aus: Besch, W.K., 1984)



Generell können unter den Wasser-, Sumpf- und Uferpflanzen etwa 1/10 der deutschen Pflanzenarten in oder an Fließgewässern gefunden werden (Brehm, 1982). Andererseits zeigen sich fast alle Pflanzenarten der Fließgewässer auch in anderen Biotopen, so in Seen, Teichen, Tümpeln oder Gräben. Aufgrund der großen Differenziertheit der abiotischen Bedingungen ist jedoch der Artenreichtum der Makrophytenflora in oder an Fließgewässern insbesondere im Uferbereich erheblich größer als z.B. in Seen.

Besonders artenreich ist die Fließwasser-Fauna, dabei ist der Anteil der auf Fließgewässer spezialisierten Arten außergewöhnlich hoch. So ist im Vergleich der Süßwasser-Lebensräume die Anzahl spezialisierter Tierarten der Fließgewässer ca. dreimal so groß wie die der Seen (Brehm, 1982). Diese Vielfalt ist in erster Linie durch die Vielzahl ökologischer Nischen der *Bachbereiche* bedingt. Die Diversität der Fließwasserspezialisten in den anderen Bereichen bleibt hinter diesen speziellen Biotopen weit zurück. Unter den Tierarten sind die Insekten mit über 3200 Arten die bestimmende Gruppe. Bemerkenswert ist die *Ähnlichkeit der Fauna im Uferbereich von Fließgewässern und Seen*.

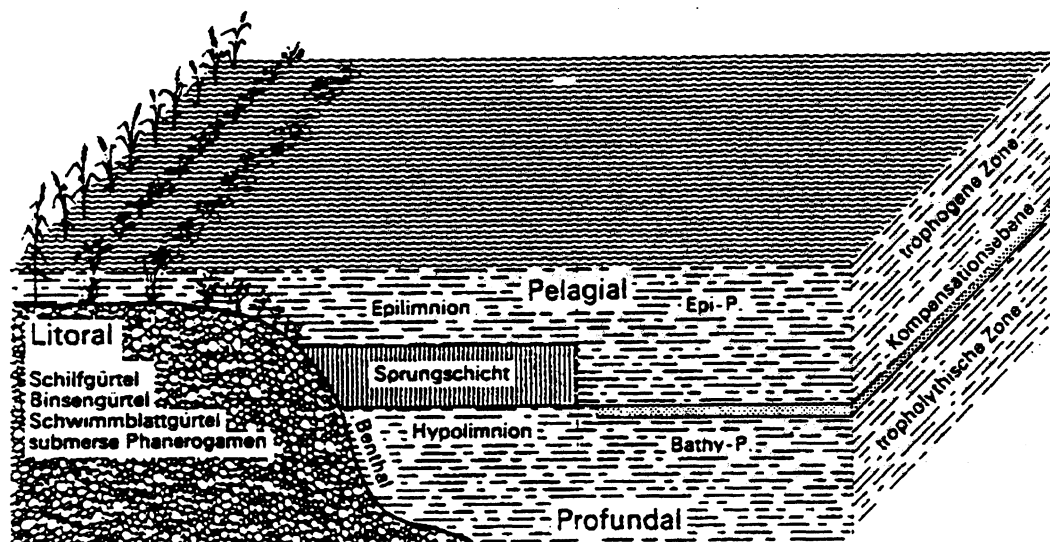
Stillgewässer kann man in *ausdauernde* (z.B. *Seen und Weiher*) und *temporäre* (periodische; z.B. *Tümpel*) Gewässer gliedern.

Seen, mit Tiefen von wenigen bis zu über 1000 Metern, haben einen relativ großen Wasserkörper und vielfältige Lebensräume in verschiedenen Bereichen. Die Abgrenzung dieser Zonen eines Sees ist vornehmlich durch zwei Größen bedingt: die Einstrahlung des Sonnenlichtes und die Lage zum Seeboden. Aus diesen Grundbedingungen heraus ergibt sich eine Gliederung des Sees, wie sie in Abbildung 2 vereinfacht dargestellt ist.

Für Gewässeruntersuchungen sind zwei Bereiche eines Sees von großer Bedeutung: das Litoral (Uferzone) und das Pelagial (Freiwasserzone).

Im *Pelagial* findet sich die Masse des Phytoplanktons, die in einem See in erster Linie für die Primärproduktion verantwortlich ist und somit die *Trophie* bestimmt. Es handelt sich hierbei um Pflanzen, die mittels Photosynthese aus den anorganischen Grundbausteinen H_2O und CO_2 mit Hilfe des Sonnenlichtes Traubenzucker aufbauen. Dieses Kohlenhydrat-Molekül kann nun wiederum auf verschiedenen Stoffwechselwegen zu Fetten und Proteinen umgebaut oder zum Zwecke der Energiegewinnung

Abb. 2: Zonierung eines Sees mit den verschiedenen Biotopen (aus: Miegel, H., 1981)



durch die Atmungs- und Gärungsprozesse wieder abgebaut werden. Für solide wissenschaftliche Untersuchungen von Stillgewässern und daraus resultierende Bewertungen der Gewässergüte sind somit umfangreiche Messungen vornehmlich im Pelagial, aber auch in anderen Bereichen solcher Gewässer, über einen längeren Zeitraum erforderlich.

Nach dem *Trophiesystem* wird die Gewässergütebestimmung von Stillgewässern durchgeführt.

Das Phytoplankton findet man im durchlichteten, trophogenen Teil des Pelagials, dem sogenannten Epipelagial oder (nach Thermik und Sauerstoffverhältnis) auch Epilimnion. Hier finden in Abhängigkeit vom Sonnenlicht die Aufbauprozesse statt.

Das Phytoplankton zeigt, in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren (z.B. Lichteinfall, Verfügbarkeit von Nährstoffen, Sauerstoffgehalt, Verzehr durch Konsumenten), eine typische jahreszeitliche Verteilung. (Abb. 3).

Im Epilimnion findet man auch die Masse des Zooplanktons (Rädertiere, Kleinkrebse), welches sich vom Phytoplankton ernährt. Aus vertikalen Schichtungsbildern ist die Abhängigkeit dieser Organismen vom Nahrungsangebot (Phytoplankton) zu erkennen (Abb. 4).

Bei geringer werdendem Nährstoffangebot sinken die toten Organismen (*Detritus*) in die Tiefe. In der tropholytischen Zone des Pelagials, dem Bathypelagial, erfolgt zunehmend eine autolytische und bak-

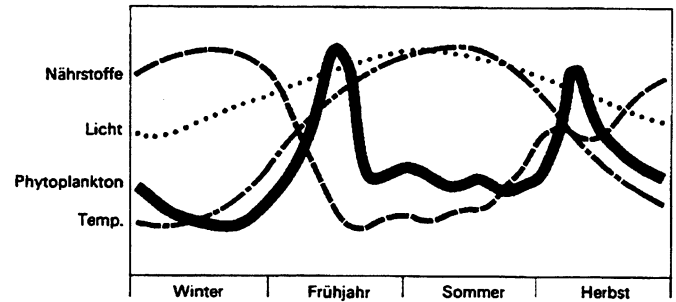
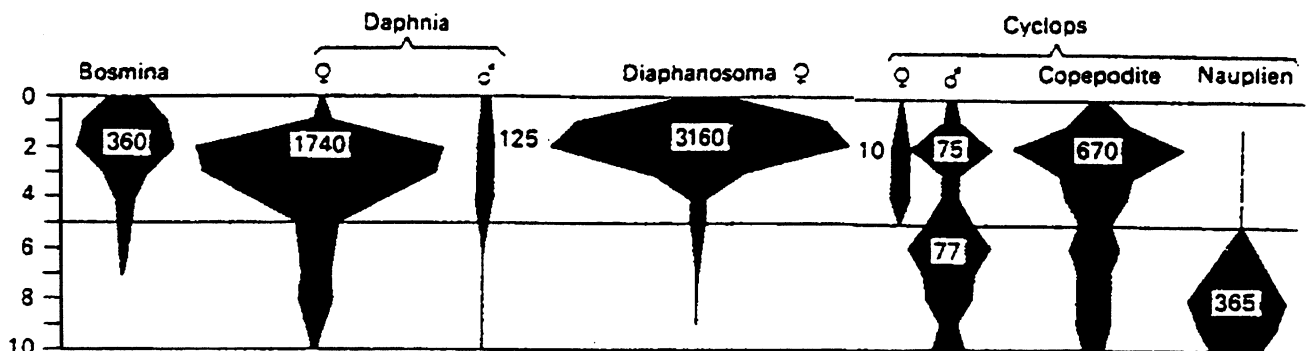


Abb. 3: Jahreszeitliche Verteilung des Phytoplanktons im See (Miegel, H., 1981, nach Odum, 1959)

terielle Zersetzung. Bei einem tiefen, weitgehend unbelasteten See wird der Detritus beim Hinabschweben zum lichtlosen Boden vollständig mineralisiert. Der dazu benötigte Sauerstoff ist trotz der typischen horizontalen Wasserschichtung in mitteleuropäischen Seen dieser Güte ausreichend vorhanden. In flachen Seen wird die Mineralisierung noch am Boden verstärkt fortgesetzt. Die hohe Besiedlungsdichte der Bodenzone bedingt einen entsprechend hohen Sauerstoffverbrauch, der bis zur völligen Aufzehrung gehen kann. Eine „Nachlieferung“ ist wegen der horizontalen Schichtung des Sees nicht möglich.

Abb. 4: Vertikale Schichtungsbilder von Zooplankton in einem See

Darstellung der Vertikalverteilung durch „Kugelkurven“: Anzahl der Plankter pro Liter als 3. Wurzel der Individuenzahl, dividiert durch 4,19 (Kugelradius); nach Miegel, H. 1981 aus Eichhorn 1956



Die Schichtung in den mitteleuropäischen Seen ist thermisch bedingt.

Im Sommer gibt es eine warme Oberschicht (Epilimnion) über einer kalten Tiefenschicht (Hypolimnion). In der dazwischenliegenden Sprungschicht (Metalimnion) sinkt die Wassertemperatur sprunghaft ab. Ein Temperatenausgleich zwischen den Schichten ist wegen der schlechten *Wärmeleitfähigkeit des Wassers* nicht gegeben. Aufgrund der sogen. „*Dichteanomalie*“ des Wassers (Wasser hat bei einer Temperatur von $+4^{\circ}\text{C}$ seine größte Dichte; Dichte = 1g/cm^3) gibt es in dieser Phase keine Durchmischung des ca. 4°C kalten und schweren Wassers des Hypolimnions mit dem Epilimnion (Sommerstagnation).

Damit ist auch kein Stofftransport bzw. Gasaustausch zwischen den Schichten möglich.

Mit den geringer werdenden Lufttemperaturen fällt zum Herbst hin auch die Wassertemperatur des Epilimnions. Die Dichteunterschiede lösen sich langsam auf, und mit Einfluß des Windes ist eine völlige Umwälzung des gesamten Wasserkörpers gegeben (Vollzirkulation). Dadurch entsteht eine gleichmäßige Verteilung der im Profundal angereicherten Nährstoffe und der gelösten Gase (Sauerstoff, Kohlendioxid) im gesamten Wasserkörper.

Zum Winter hin ergibt sich eine neue Schichtung durch das Absinken der Oberflächentemperatur (z.B. bis zum Gefrierpunkt des Wassers). Die geringe Wärmeleitfähigkeit und die relativ große Tiefe von Seen verhindert ein völliges Einfrieren des gesamten Wasserkörpers. Nach dieser Phase der Winterstagnation erhöht sich zum Frühjahr hin wieder die Oberflächentemperatur des Wassers, und es kommt erneut zu einer Vollzirkulation des Wasserkörpers und damit zu einem erneuten Stoffaustausch (Abb. 5).

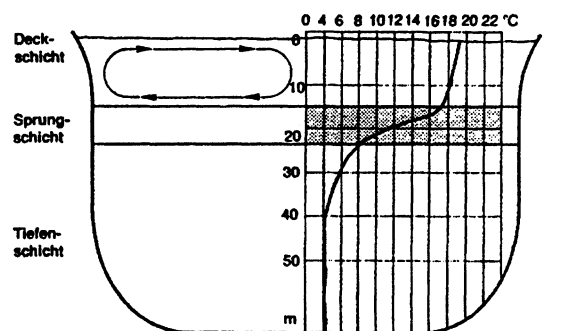
Seen mit einer solchen zweimaligen Vollzirkulation pro Jahr werden als dimiktisch bezeichnet (Der Bodensee zirkuliert nur einmal im Winter und gilt deshalb als warm-monomiktisch).

Die vielfältigen, sich häufig ändernden Bedingungen für die verschiedenen Lebensgemeinschaften der unterschiedlichen Biotope im Pelagial (und Profundal) eines Sees verdeutlichen die Unterschiede zu den Flach- wie zu den Fließgewässern.

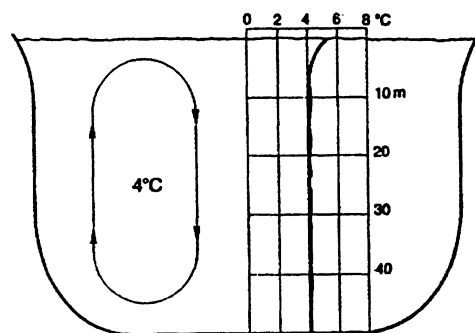
Das *Litoral* ist durch das Vorhandensein vieler höherer Pflanzen (Schilf, Binsen, Schwimmblattgewächse) gekennzeichnet. Die Lebensbedingungen sind in vielen Punkten denen von vergleichbaren Zonen von Fließgewässern ähnlich. Das gilt auch für die Lebensgemeinschaften.

Weiher, mit häufig weniger als 2 Metern Tiefe, sind meist verlandende Seen. Sie besitzen als flache Gewässer keine Differenzierung in Litoral und Profundal. Das Sonnenlicht erreicht in der Regel den Seegrund, so daß man überall Wasserpflanzen finden kann. Die Lebensbedingungen sind denen des Litorals der Seen vergleichbar. Aufgrund der relativ geringen Masse des Wasserkörpers, die auch noch großen jährlichen und saisonalen Schwankungen unterworfen ist, führen schon geringe natürliche oder anthropogene Eintragungen von Nährstoffen oder organischen Materialien (z.B. durch den Laubfall im Herbst) zur Eutrophierung.

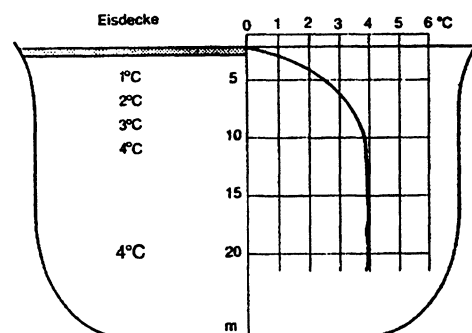
Abb. 5: Saisonale Stagnations- und Zirkulationsphasen in einem dimiktischen mitteleuropäischen See (verändert nach: Schuster, M., 1981)



Sommerstagnation in einem See: Sommer-Temperaturprofil



Vollzirkulation in einem See: Herbst-Frühlings-Temperaturprofil



Winterstagnation in einem See: Winter-Temperaturprofil

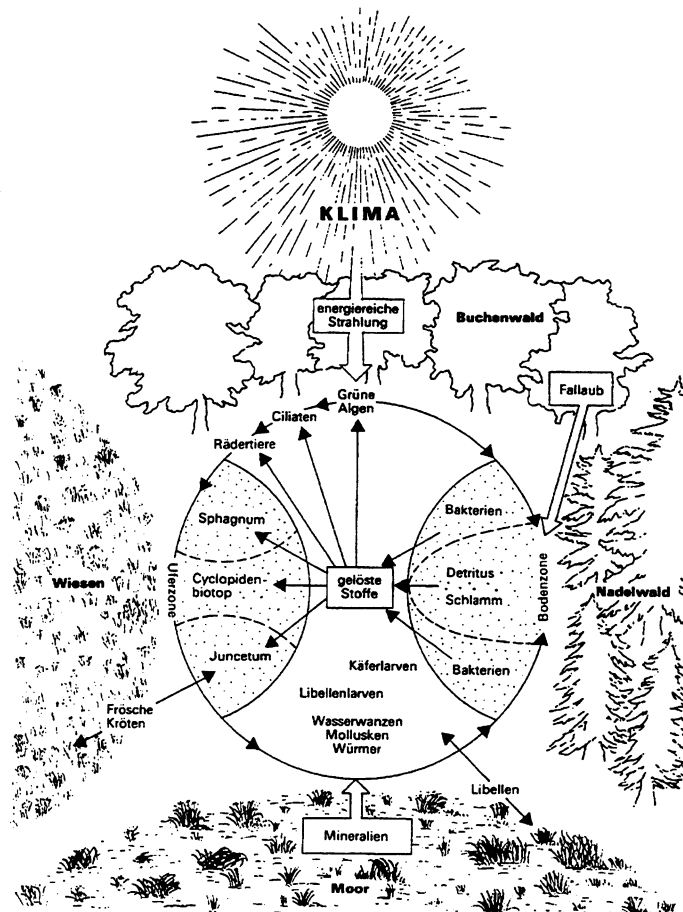
Teiche sind künstlich angelegte Weiher oder Weiher mit einem künstlichen Abfluß. Man kann sie deshalb zu den temporären Gewässern zählen. Ebenfalls zu den *temporären Gewässern* zählt man die **Tümpel**. Das sind flache Kleingewässer ohne lichtlose Tiefenzone, die zeitweilig austrocknen. Im Hochgebirge werden sie auch *Lache* genannt. Wie die Weiher, zeigen auch die Tümpel im Prinzip eine bemerkenswerte Reichhaltigkeit der Organismen auf engstem Raum. Vergleichbar ist auch die Anfälligkeit gegenüber Einträgen aus angrenzenden Ökosystemen. Die vielfältigen Beziehungen zu benachbarten Biotopen zeigt die Abbildung 6.

Durch meist anthropogene Verunreinigungen (z.B. Abfall- und Jauchegruben, Viehtränken) gibt es heute kaum noch vom Menschen unbeeinflusste natürliche Tümpel.

Charakteristisch für die Organismen der Lebensgemeinschaften solcher periodischer Gewässer ist ihre Fähigkeit, das Austrocknen im Sommer und das Einfrieren im Winter zu überdauern. Dazu sind spezielle Anpassungsmechanismen – insbesondere in

der Entwicklung und Fortpflanzung – erforderlich. Viele dieser Organismen dieser Lebensgemeinschaft sind in der Lage, bei optimalen Bedingungen schon im frühen Alter in kürzester Frist eine außergewöhnlich reiche Nachkommenschaft hervorzu- bringen (z.B. *Daphnia magna*: Fortpflanzung bereits im Alter von ca. 7 Tagen, alle 3 Tage Nachkommen- schaft von bis zu 60 Individuen), Zysten als trocken- heitsresistente Dauerstadien zu entwickeln, bei Ver- schlechterung der Lebensbedingungen den Le- bensraum zu verlassen (flugfähige Insekten, Lurche etc.) oder durch Eingrabung im Schlamm längere Trockenperioden zu überdauern (abc-Biologie). In Abhängigkeit z.B. von der Bodenart, dem pH-Wert, dem Nährstoffgehalt, den Tag-Nacht-Temperatur- amplituden (Hochgebirge) und der Periodizität des Austrocknens ergeben sich eine unübersehbare Vielzahl von Tümpel-Typen mit unterschiedlichem Artenreichtum. Eine Klassifizierung wie bei Seen ist nicht möglich, „jeder Tümpel muß als Einzelfall be- handelt und monographisch beschrieben werden“ (Miegel, H., 1981).

Abb. 6: Tümpel im Laubwald: Beziehungen zu den angrenzenden Ökosystemen, Stoffeintrag und Nahrungskettenverlauf (aus: Miegel, H., 1981)



1.2. Energiefluß und Stoffumsatz in Süßwasser-Lebensräumen

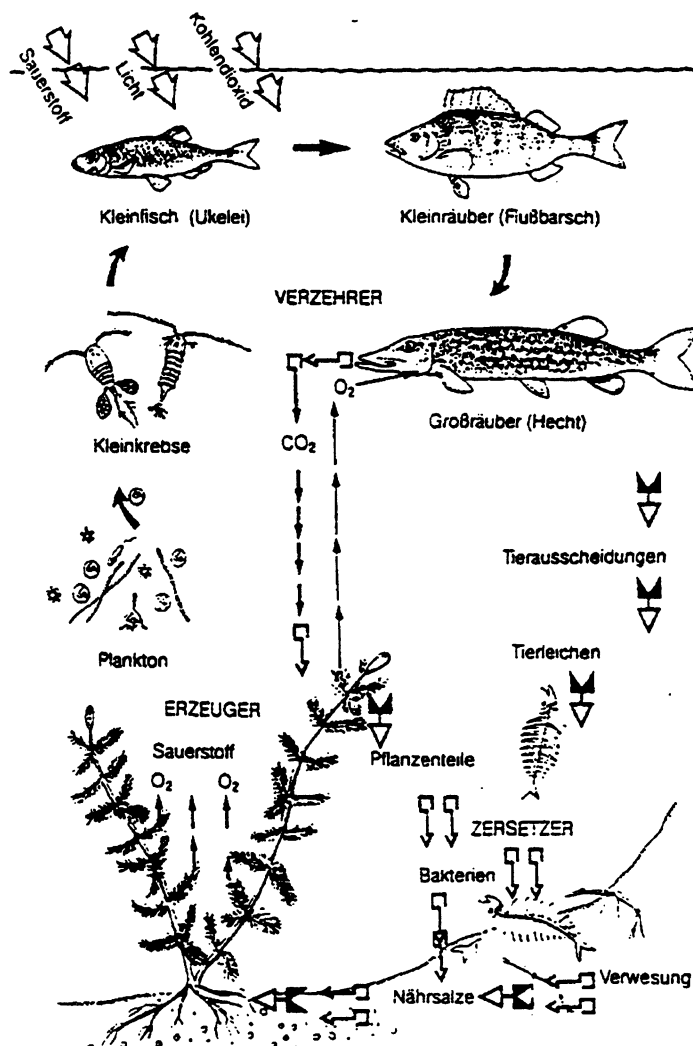
Die quellenahen Bereiche der Fließgewässer sind ebenso wie Gletscherseen durch extreme Nährstoffarmut gekennzeichnet. Das galt auch zum Ende der letzten Eiszeit für viele Seen Mitteleuropas. Sie entstanden im Verlauf des Abtauprozesses der riesigen Eismassen. Anorganische Nährsalze, insbesondere Phosphate und Nitrate sind und waren in solchen Gewässern nicht oder in nur sehr geringen Mengen vorhanden.

Im Verlauf eines Fließgewässers von der Quelle zur Mündung spielt sich im Prinzip in kurzer Zeit der Vorgang ab, der über Jahrtausende aus den nährstoffarmen (oligotrophen) Seen der nacheiszeitlichen Phase die weitgehend mäßig produktiven (mesotrophen) bis nährstoffreichen, hochproduktiven (eutrophen) Seen entstehen ließ: *der stetige Anstieg anorganischer Nährstoffkonzentrationen im Wasser.*

Dieser Anstieg ist bedingt durch den kontinuierlichen Eintrag von Biomasse in das Gewässer und erfolgt in der Tendenz auch ohne Einfluß des Menschen auf natürliche Weise (u.a. durch Zuflüsse, Eintragung von organischer Substanz oder von Mineralien durch den Wind, Auslaugung des Bodengrundes) (Streble, H. u.a.; 1982). Durch anthropogene Einflüsse werden diese Prozesse jedoch nachhaltig gefördert (u.a. durch häusliche Abwässer und durch Düngemittel). Die organischen Stoffe werden schnell abgebaut, so daß nach ihrer Umwandlung zu anorganischen Nährstoffen damit die Basis für einen stetigen Anstieg der Produktion von Biomasse gegeben ist.

Das Phytoplankton (Grün-, Blau- bzw. Kieselalgen, autotrophe Bakterien) und die höheren Wasserpflanzen sind dabei die Produzenten (*Primärproduzenten*) des Aufbaus energiereicher organischer Stoffe: Kohlenhydrate, Proteine, Fette. Der Grund-

Abb. 7: Nahrungskette im See (aus: Xyländer, W. und Nagelschmid, F., 1985)



vorgang ist dabei die *Photosynthese* (oder CO_2 -Assimilation). Hierbei wird unter katalytischer Wirkung des Chlorophylls und mit Hilfe der Sonnenenergie das im Wasser gelöste CO_2 bei gleichzeitiger photolytischer Spaltung des Wassers Traubenzucker aufgebaut. Ein nicht unbedeutendes Nebenprodukt dabei ist Sauerstoff.

Mit der Produktion von Traubenzucker ist über verschiedene Reaktionswege die Umwandlung zu Proteinen, Fetten und anderen organischen Stoffen möglich.

Bei der Primärproduktion durch die von photoautotrophen Organismen gebildete Biomasse wird nur ca. 1% der Strahlungsenergie der Sonne genutzt (Kull, U., 1974/75).

Die Intensität der organischen photoautotrophen Primärproduktion wird als **Trophie** (gr. trophein = ernähren) bezeichnet (Hütter, L., 1984).

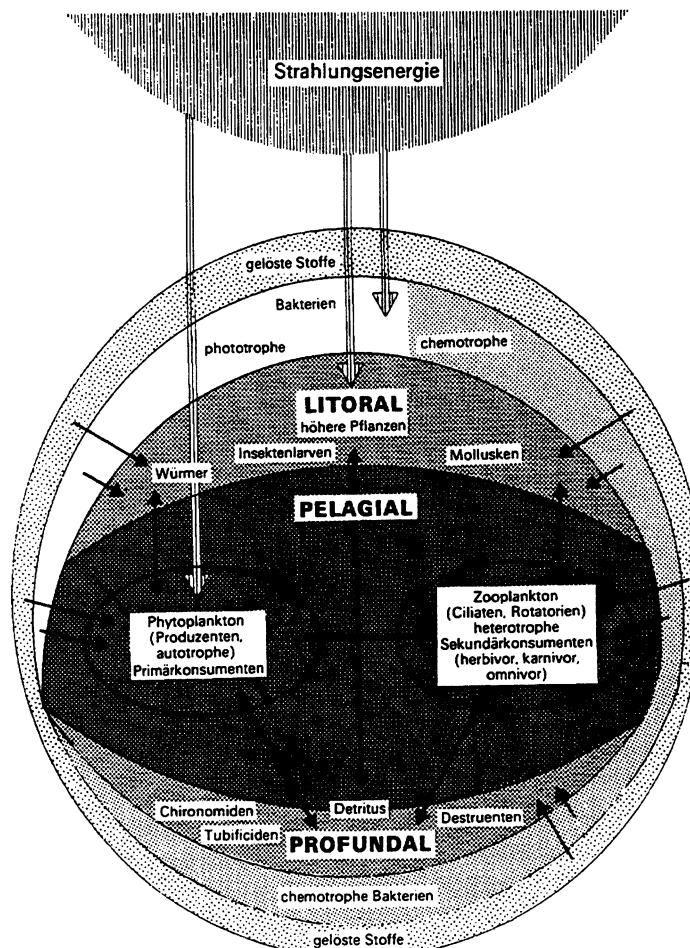
Die *Primärproduzenten* stehen in der 1. Trophieebene. Von diesen Produzenten ernähren sich die Organismen des Zooplanktons (z.B. Rädertiere, Wasserflöhe), die als Pflanzenfresser (Herbivoren)

und damit als *Primärkonsumenten* in der 2. Trophieebene stehen. Diese Herbivoren werden ihrerseits von Sekundärkonsumenten (z.B. Blattfußkrebse, Libellenlarven) der 3. Trophieebene gefressen.

Eine solche *Nahrungskette* führt schließlich bis zum Endkonsumenten (z.B. Hecht, Greifvögel; Abb. 7).

Die hier dargestellten Beziehungen zwischen den verschiedenen Trophieebenen sind jedoch stark vereinfacht. Es gibt in der Regel in den verschiedenen aquatischen Lebensgemeinschaften Organismen, die als Konsumenten einer definierten Trophieebene gleichzeitig von anderen Organismen dieser Ebene gefressen werden (z.B.: Blattfußkrebse fressen Wasserflöhe, beide werden jedoch von Libellenlarven gefressen). Aus diesem Grund ist es besser, von *Nahrungsnetzen* zu sprechen. Je enger die Maschen dieses Netzes geknüpft sind -will heißen: je vielfältiger die Nahrungsbeziehungen und je größer die Organismenzahl in der Lebensgemeinschaft eines Biotops sind- umso stabiler ist das biologische Gleichgewicht des entsprechenden Ökosystems.

Abb. 8: Energie- und Stoffumsatz im See (aus: Miegel, H., 1981)



Die von den Organismen gebildete oder aufgenommene Nahrung dient zum einen zum Aufbau körpereigener Substanz und zum anderen als Energiedepot für die verschiedenen Lebensprozesse (z.B. Bewegung, Fortpflanzung etc.). Bei den dafür notwendigen Atmungsprozessen geht zudem ein Teil der mit der Nahrung aufgenommenen Energie in Form von Wärmeenergie verloren.

Der Energiefluß in Ökosystemen ist dadurch gekennzeichnet, daß von einer Trophieebene zur nächsten zwischen ca. 60% und 90% der „weitergeleiteten“ Energiemenge durch die skizzierten Prozesse verlorengeht. In aquatischen Systemen ist der Verlust noch relativ gering, da die Lebensprozesse hier im Vergleich zu terrestrischen Systemen ökonomischer verlaufen (Aspekte: z.B. Bewegung, Transpiration).

Mit der Ermittlung der Biomasse des Phytoplanktons, bezogen auf die Flächen- und Volumeneinheit des Sees, ist eine ausreichende Grundlage zur Beurteilung der Primärproduktion insgesamt gegeben. Die Primärproduktion in einem See erfolgt vornehmlich durch das Phytoplankton des Pelagials. Bei ausschließlicher Betrachtung der Verhältnisse des Litorals ist der Anteil höherer Pflanzen am Aufbau der Primärproduktion deutlich größer (Miegel, H., 1981). Die Abbildung 8 zeigt näherungsweise (die realen Verhältnisse sind natürlicherweise abhängig von der Größe des jeweiligen Sees) die Bedingungen des Energie- und Stoffumsatzes in einem See. Die bei der Primärproduktion gebildete Biomasse des pelagialen Phytoplanktons und im Gefolge davon auch des Zooplanktons ist letztendlich ein Maß für die Trophie und somit für die „Belastung“ des Stillgewässers mit Nährstoffen.

Zur Trophieeinstufung dienen u.a. biologische und chemische Untersuchungen von Vertikalprofilen.

Diese werden am voraussichtlichen Ende der Sommerstagnation vorgenommen und zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts in regelmäßigen Abständen über das Jahr verteilt wiederholt (aus: LAWA, 1980). Der Energiefluß über die verschiedenen Trophieebenen wird begleitet von einem *Stoffkreislauf* durch die Nahrungsnetze. Die heterotrophen Organismen (Konsumenten verschiedener Ordnungen) benötigen zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensvorgänge die mit den organischen Stoffen aufgenommenen und für sie verfügbaren Energiebeträge. Die organischen Verbindungen erfahren dabei einen stetigen Abbau. Die Organismen scheiden schließlich auch noch energiereiche Stoffe aus oder gelangen als Leichen selbst in den sich anschließenden Mine-

ralisierungsprozeß, an deren Ende letztendlich die einzelnen Elemente (und die „wertlose Form der Wärme“; Kull, U., 1974/75) übrigbleiben. Die Einzellelemente stehen nun den photoautotrophen Organismen (Produzenten) zum Aufbau neuen organischen Materials zur Verfügung. Stickstoff- und Phosphorverbindungen spielen dabei eine herausragende Rolle.

Die *Mineralisierungsprozesse*, die man auch als *Selbstreinigung* bezeichnet, werden von den *Reduzenten* (oder auch *Destruenten*) durchgeführt. Sie bauen die organischen Stoffe unter Energiegewinn und bei Verbrauch von Sauerstoff zu Wasser, Kohlendioxid, Nitraten, Phosphaten und Sulfaten ab. Diese Abbauprozesse sind -im Gegensatz zu den Syntheseprozessen der CO₂-Assimilation- Oxidationsprozesse. Dieser Abbau verläuft wie am Fließband: Neben den größeren Abfallfressern (z.B. Insektenlarven) sind es vornehmlich die als Mineralisierer tätigen unzähligen Bakterien und Pilze, die eine lange Kette ineinandergreifender Abbauprozesse bilden.

Der Ausgangszustand wird dann wieder erreicht, wenn

1. diesen Prozessen nicht ständig zusätzliche Nährstoffe bzw organische Verbindungen zugeführt werden oder
2. wenn hinreichend Sauerstoff für aerobe Abbauprozesse zur Verfügung steht und gleichzeitig die am Ende der Abbaukette gebildeten Nährstoffe aus dem Kreislauf entfernt werden. Das ist in Fließgewässern in der Regel durch Abschwemmung möglich, in Stillgewässern hingegen *das große Problem* für eine Selbstreinigung. Die Möglichkeiten der Beseitigung sind sehr begrenzt (z.B. können die bei Abbauprozessen freigesetzten Phosphationen in der Sedimentationszone bei Vorhandensein von Sauerstoff und Fe³⁺-Ionen in schwerlösliches Eisen-III-phosphat überführt und damit dem Kreislauf entzogen werden: „Phosphatfalle“ (Schuster, M., 1981).

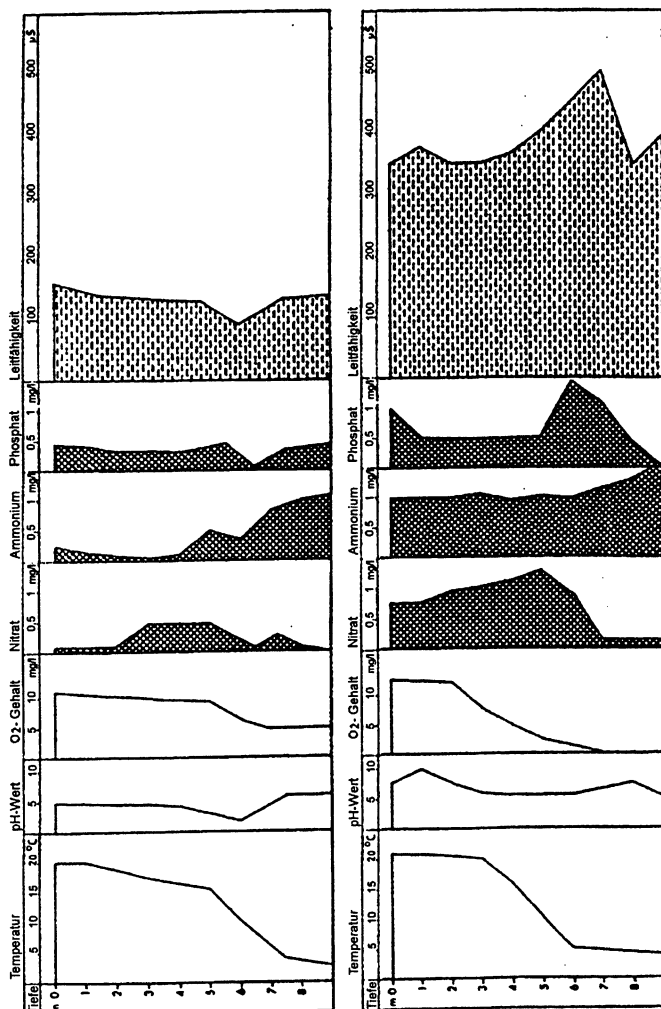
Die dargestellten Prozesse stehen in einem unbelasteten Gewässer in einem biologischen Gleichgewicht. Dabei ist das Verhältnis von Produzenten, Konsumenten und Destruenten „ausgewogen“ (Hütter, L., 1984).

Bei äußeren Störungen (z.B. durch natürliche oder anthropogene Einträge) kommt es im Gefolge davon zu zeitlich verschobenen, sich gegenseitig bedingenden Oszillationen der Individuenzahlen in den verschiedenen Organismengruppen (Massive

Vermehrung der Bakterien führt zum Phytoplanktonwachstum, dies bedingt eine Vermehrung des Zooplanktons etc. Am Ende wird der mehr oder weniger ursprüngliche Zustand durch Selbstreinigung erreicht).

Da, wo die Störungen sehr groß sind bzw über einen längeren Zeitraum einwirken, wird das biologische Gleichgewicht des Gewässers verschoben. Die durch die Mineralisierungsprozesse zusätzlich gebildeten Nährstoffe verstärken die Stoffkreisläufe. Die fortschreitende Anreicherung mit Pflanzennährstoffen bedingt ein üppiges Pflanzenwachstum mit weitreichenden Folgen für den Gesamthaushalt der betreffenden Wasserkörper: Es kommt zur **Eutrophie**, zum „progressiven Verfall“ des Gewässers (nach: Klee, O., 1970).

Abb. 9: Profilvergleich eines nährstoffarmen(oligotrophen) und nährstoffreichen (eutrophen) Gewässers; aus: Pott, R., 1983



Ein Profilvergleich zwischen einem oligotrophen und eutrophen Gewässer zeigt die Unterschiede auf (siehe Abb. 9).

Vergleichszahlen belegen die Produktivitätsunterschiede in unterschiedlich belasteten Gewässern: Die Photosyntheseleistung innerhalb von 24 Stunden beträgt beispielsweise in oligotrophen Seen 0,065 mg/l CO₂, in mesotrophen Seen bereits 0,206 mg/l und in eutrophen Seen schließlich 7,202 mg/l CO₂. (aus: Hütter, L., 1984; nach Bringmann, G., 1969). Aus diesen Meßergebnissen kann man direkt auf die gebildeten Biomassen schließen. Die Produktivität ist demnach in sehr belasteten (eutrophen) Gewässern um ca. 2 Zehnerpotenzen höher als in unbelasteten, sogen. oligotrophen Gewässern. Bei den Mineralisierungsprozessen ist demnach eine entsprechende Sauerstoffmenge erforderlich, um die Abbauprozesse aerob zu gestalten. Da, wo der Sauerstoff aufgezehrt ist (z.B. im Hypolimnion eutropher Seen), ist die Mineralisierung unvollständig, reduktive Prozesse treten verstärkt auf (Tätigkeit der Anaerobier). Dabei wird anorganischen Stoffen, wie Nitraten und Sulfaten, Sauerstoff entzogen. Es entsteht verstärkt Kohlendioxid, Ammoniak, Methan und Schwefelwasserstoff. Dies wird auch als *Fäulnis* bezeichnet. Als Ergebnis entstehen z. B. in eu- und polytrophen Seen am Boden große Schlammzonen, die schließlich zur Verlandung dieser Gewässer führen. Die Gesamtheit der *heterotrophen Bioaktivitäten*, die **Saprobie**, sorgt für einen Abbau der organischen Stoffe im Gewässer.

Die Saprobie steht insofern der Trophie als komplementäres Phänomen gegenüber (nach Hütter, L., 1984).

Bei den Selbstreinigungsprozessen, die vornehmlich von den Bakterien vollzogen werden (Streble, H., 1982), entstehen im Verlaufe der Zeit (Stillgewässer) oder der Reinigungsstrecke (Fließgewässer) qualitativ unterschiedliche Gewässerzonen (saprobe Zonen) mit charakteristischen Lebensgemeinschaften aus pflanzlichen und tierischen Organismen. Die Untersuchung solcher Lebensgemeinschaften läßt gesicherte Rückschlüsse auf den Gewässerzustand zu. Dabei gilt, daß „die Indikatoreigenschaften eines Organismus um so signifikanter werden, je höhere Verschmutzungsgrade er anzeigt“ (Hütter, L., 1984).

Das Saprobien-system ist die anerkannte Methode der Wassergütebestimmungen von Fließgewässern.

2. NATÜRLICHE UND ANTHROPOGENE VERÄNDERUNGEN VON GEWÄSSERN- DIE TROPHIESTUFEN UND DAS SAPROBIENSYSTEM ZUR GEWÄSSERGÜTEBESTIMMUNG

Die nach dem Ende der letzten Eiszeit entstandenen Seen in Mitteleuropa waren anfangs in einem ausgesprochen nährstoffarmen (oligotrophen) Zustand. Sichttiefen bis über 20 Meter und hohe Sauerstoffkonzentrationen im gesamten Wasserkörper (am Ende der Stagnationsphase ist auch das Tiefenwasser noch mit über 70% Sauerstoff gesättigt; Besch, W.-K., 1984) weisen bereits auf eine sehr geringe Planktonproduktion hin. Die dafür verantwortliche Nährstoffarmut solcher Seen veränderte sich auf natürliche Weise im Verlauf von Jahrtausenden: Aus dem Boden ausgewaschene und z.T. auch durch den Wind eingetragene Mineralien und die z.B. mit dem Laubfall eingebrachten organischen Stoffe erhöhten das Nährstoffangebot.

Die durch ein erhöhtes Nährstoffangebot bedingte Zunahme der Planktonproduktion und der späteren Mineralisierungsprozesse verändert die chemophysikalischen Bedingungen: die Sichttiefe verringert sich deutlich (bis auf 2 Meter), und der Sauerstoffgehalt am Ende der Stagnationsphase beträgt nur noch zwischen 30% und 70%. Dennoch ist die Entstehung eines solchen mesotrophen Sees (gering belastetes Gewässer) noch durch die *natürliche Seenalterung* erklärbar.

Eine andere Dimension der Beeinträchtigung der Gewässerqualität ist durch anthropogene Belastungen bedingt.

Die *Verschmutzungen der Gewässer durch den Menschen* haben verschiedene Ursachen und nachhaltige Konsequenzen für die Lebensräume vieler Biotope. Die Einleitung von organischen Abfällen, die verstärkte Einbringung von Mineral- und Stalldünger und der Eintrag von phosphathaltigen Waschmitteln haben in relativ kurzer Zeit die Nährstoffbedingungen in vielen Seen Mitteleuropas radikal verändert: *die Seen eutrophieren*. In den nährstoffreichen Seen erhöht sich die Planktonproduktion dramatisch (Sichttiefen z.T. deutlich unter 2 Metern), die Remineralisierungsprozesse verbrauchen die Sauerstoffvorräte des Tiefenwassers (am Ende der Stagnationsphase liegt die Sättigung bei solchen Seen zwischen 0% und 30%), und anaerobe Fäulnisbakterien übernehmen fast ausschließlich die Zersetzungsarbeit. Neben der Freisetzung von Faulgasen (Schwefelwasserstoff, Methan) bleibt Faulschlamm am Boden übrig. Die gebildeten Nährsalze führen zusammen mit den

neuerlich eingetragenen Stoffen zu einer verstärkten Bioproduktion in der nächsten Vegetationsperiode.

Diese Vorgänge, die insbesondere in den 60er und 70er Jahre katastrophale Ausmaße (Engelhardt, W., 1985) angenommen hatten, führten z.B. im Stadtstaat Hamburg dazu, daß es dort heute nur noch eutrophe und polytrophe Seen gibt (Roch, K., 1995). In den polytrophen Seen ist das Nährstoffangebot stets hoch, das Phytoplankton entwickelt sich massenhaft, was wiederum zur Übersättigung mit Sauerstoff und zu einer sehr geringen Sichttiefe führt. Das Tiefenwasser ist bereits im Sommer sauerstofffrei und weist eine deutliche Schwefelwasserstoffentwicklung auf.

Anthropogene Verschmutzungen haben in Stillgewässern in der Regel nachhaltigere Folgen als in Fließgewässern. Die einmal eingeleiteten Abwässer verbleiben im Gegensatz zu Fließgewässern im System. Selbst bei einem völligen Einleitungsstopp setzt sich bei höheren Belastungen die Eutrophierung fort (Hütter, L., 1984). Dies ist vornehmlich auf die Verfügbarkeit des *Minimumfaktors Phosphat* zurückzuführen: Bei zunehmender Sauerstoffarmut in den bodennahen Schichten des Hypolimnions lösen sich Phosphationen aus dem unter aeroben Bedingungen als schwerlöslichem Eisen-III-phosphat (FePO_4) im Sediment lagernden Komplex, gelangen mit der nächsten Vollzirkulation in die trophogene Zone (Epilimnion) und verstärken somit stetig das Phytoplanktonwachstum.

Kennzeichnung der Gewässergüte von Stillgewässern durch die Trophiestufen:

Vorbemerkung: Der Begriff „Gewässergüte“ ist im Zusammenhang mit der Kennzeichnung von Gewässern, die aufgrund ihrer chemischen und biologischen Parameter eingestuft werden, gebräuchlich. Dabei muß festgestellt werden, daß der Begriff „Güte“ in vielen Fällen irreführend sein kann, da er im Prinzip anthropogene Einflüsse impliziert. Viele Gewässer sind jedoch auch ohne nachhaltige Beeinflussung durch menschliches Wirken im herkömmlichen Sinne „belastet“ und nur dadurch mit einem höheren Gewässergüteindex versehen. Dennoch soll auch hier am Begriff Gewässergüte festgehalten werden.

Die *Trophie* als „die Intensität der organischen photoautotrophen Primärproduktion“ ist da besonders hoch, wo das Nährstoffangebot für die Pflanzen besonders groß ist. Sie sinkt mit der Reduktion dieser Stoffe beim Aufbau von Biomasse.

Damit steigt die *Saprobie*, d.h. das „Gesamt der heterotrophen Bioaktivitäten“. Beim Abbau organischer Substanz und zunehmender Mineralisierung verringert sich die Saprobie, und die Trophie nimmt wieder zu. (Hütter, L., 1984). Das komplementäre Begriffspaar Trophie und Saprobie kennzeichnet mit unterschiedlichem Ansatz den Zustand eines Gewässers.

Die Trophiestufen dienen der Klassifizierung von Stillgewässern.

Im Zusammenhang mit anthropogenen Belastungen von **Fließgewässern** unterscheidet man 5 Belastungsgruppen (Engelhardt, W., 1985):

1. Organische, fäulnisfähige Verunreinigungen (z.B. Fäkalabwässer aus der Kanalisation, Jauche, Brauereiabwässer etc.), die mehr oder weniger leicht abbaubar sind.
2. Komplizierte organische Verbindungen (z.B. Halogenkohlenwasserstoffe, polycyclische Aromaten), die ebenfalls von Mikroorganismen abbaubar sind, deren Zersetzung aber über viele Stufen verläuft und somit länger dauert. Diese Stoffe sind meist schon in geringer Konzentration sehr giftig.
3. Salzige Abwässer z.B. aus Mineraldüngerfabriken oder Steinkohlebergwerken, die zu artenarmen Lebensgemeinschaften führen (hier: haline Lebensgemeinschaften).

4. Schwermetallverbindungen (Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink) aus Legierungsbetrieben, Stahlwerken, Erzbergwerken, die in der Regel schon in geringen Konzentrationen hochtoxisch sind, reichern sich in der Nahrungskette stark an, wirken dabei kumulativ und mutagen.

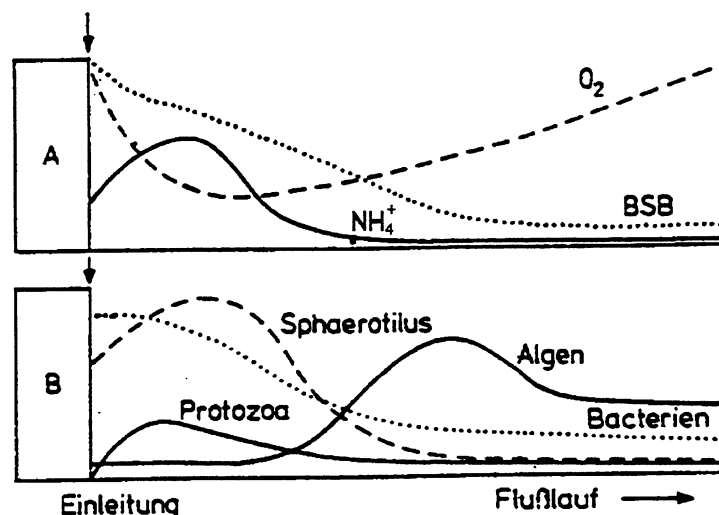
5. Erwärmungen durch Kühlwassereinleitungen z.B. aus Kernkraftwerken oder Industriewerken führen zu Sauerstoffknappheit und damit verbundenen Eutrophierungsprozessen.

Im Zusammenhang mit der *Selbstreinigung* von *Fließgewässern* soll hier nur auf die erste Gruppe der organischen, fäulnisfähigen Verunreinigungen eingegangen werden.

Für den Abbau dieser Stoffe gibt es in allen Gewässern eine Vielzahl von Organismen (in erster Linie Bakterien), die diese organischen Verbindungen zu anorganischen (CO_2 , Wasser und Mineralien) abbauen können. Die Geschwindigkeit dieser Abbauprozesse ist vornehmlich von zwei Faktoren abhängig:

- von der Intensität und der Konzentration der eingeleiteten Stoffe und
- von der Verfügbarkeit von Sauerstoff (eine hohe Fließgeschwindigkeit und geringe Wassertemperatur erhöhen die Aufnahme von Sauerstoff ins Wasser).

Abb. 10: Entwicklung chemischer Parameter und Häufigkeitsabfolgen einiger Organismengruppen unterhalb einer Einleitung organischen Abwassers und im weiteren Verlauf der Selbstreinigungsstrecke. Der BSB-Wert bezeichnet den biochemischen Sauerstoffbedarf, er ist umso höher, je mehr sauerstoffzehrende Abbauprozesse sich im Stoffkreislauf abspielen (aus: Besch, W.K., 1984)



Nach einer starken Verschmutzung kann bei optimalen Bedingungen schon nach wenige Kilometern einer Selbstreinigungsstrecke sauberes Wasser auftreten. Auf dieser *Selbstreinigungsstrecke* lösen sich verschiedene Wassergüteklassen „fließend“ ab:

Polysaprobe Zone (Wassergüteklasse IV):

In dieser Zone stärkster Verschmutzung werden die organischen Stoffe fast ausschließlich von Bakterien (über 1 Million Keime je cm³ Wasser, Engelhardt, W., 1985) zersetzt, die sich dabei massenhaft vermehren und sehr viel Sauerstoff verbrauchen. Die verschiedenen Abbauprozesse werden dabei von vielen unterschiedlichen Bakterienarten vollzogen. Die hohe Sauerstoffzehrung bedingt sauerstofffreie Zonen (insbesondere in den tieferen Wasserschichten), in denen anaerobe Mikroorganismen bei ihren Abbauprozessen Schwefelwasserstoff-, Methan- und Ammoniak freisetzen. Den Zustand eines solchen Gewässerabschnitts wird man deshalb in der Regel sogar „riechen“ können. Das Bakterium *Sphaerotilus natans* („Abwasserpilz“) entwickelt sich unter diesen Bedingungen massenhaft und ist als schleimiges Zellketten-Gebilde gut mit bloßem Auge erkennbar. Viele „bizarri gestaltete“ Wimpertierchen (Streble, H., 1982) findet man neben nur ganz wenigen vielzelligen Tieren, so z.B. neben dem Schlammröhrenwurm *Tubifex* oder der Rattenschwanzlarve.

α-mesosaprobe Zone (Wassergüteklasse III):

In dieser Zone wird der aus der Atmosphäre aufgenommene Sauerstoff bereits nicht mehr vollständig verbraucht. Ein Großteil der organischen Belastungssubstanz ist bereits abgebaut. Dennoch ist die Anzahl der aeroben Bakterien recht hoch (etwa 100.000 Keime je cm³ Wasser). Es gibt ein massenhaftes Auftreten von Blau-, Grün- und Kieselalgen. Besonders hoch ist auch die Anzahl der Wimpertierchen, die sich von den Bakterien ernähren. Als Vertreter vielzelliger Tiere seien die Rote Zuckmückenlarve und die Blasenschnecke (*Physa acuta*) genannt.

β-mesosaprobe Zone (Wassergüteklasse II):

Das Wasser dieser Zone weist nur noch relativ wenige Bakterien auf, es ist klar und sauerstoffreich. Die Artenvielfalt (Pflanzen- und Tierwelt) hat einen Höchststand erreicht.

Die Entwicklung des Selbstreinigungsprozesses über die polysaprobe Stufe bis zur -mesosaprobe Stufe zeigt die Abbildung 10 (summarische Darstellung der Besiedlungsveränderungen).

(Es muß herausgestellt werden, daß die verschiedenen Organismen der unterschiedlichen Saprobienstufen nicht für die Selbstreinigung eines Gewässers verantwortlich sind, sondern nur den Stand des Selbstreinigungsvorgänge dokumentieren. Die „Reinigungsprozesse“ selbst besorgen fast ausschließlich Bakterien. Die beste Wassergüteklasse findet man in Mitteleuropa nur in Bächen nach dem Quellaustritt und in Gebirgsbächen (Streble, H., 1982). Die Selbstreinigungsprozesse verlaufen demnach in der Regel auch nur bis zur Wassergüteklasse II.)

Oligosaprobe Zone (Wassergüteklasse I)

Das Wasser ist sehr sauerstoffreich und nährstoffarm, es gibt kaum tote organische Substanz. Wenige Arten und eine geringe Individuendichte sind zusätzliche Kennzeichen.

Gütegliederung der Fließgewässer nach dem Saprobien-system:

In der Tabelle 1 sind wesentliche Merkmale für eine Beschreibung der Güteklassen von Fließgewässern im Vergleich zu experimentellen mikrobiologischen und chemischen Kriterien dargestellt.

Die Darstellung der Beschaffenheit der bundesdeutschen Gewässer erfolgt nach einer einheitlichen Regelung nach den von der *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)* aufgestellten Beurteilungskriterien der Fließgewässergüte (nach DIN 38410 Teil 2; 1990). Diesen Kriterien liegen Untersuchungen der Gewässerbelastung mit Stoffen, die unter Sauerstoffverbrauch biologisch abbaubar sind (vornehmlich häusliche und industrielle Abwasser mit leicht abbaubaren Stoffen), zugrunde (*Gewässergütebericht Hamburg*, 1994). Die regelmäßig herausgegebene Wassergütekarte enthält zudem eine ausführliche Beschreibung der „*Merkmale für die Beurteilung der Güteklassen von Fließgewässern*“ (LAWA, 1985, 1990). Die detaillierte Auflistung ist für eine umfassende Orientierung und als Hilfe zur Identifikation entsprechender Wassergüteklassen sehr hilfreich, und zwar auch durch die *Auflistung charakteristischer Arten und insbesondere auch der Artengruppierungen*. Die Anwendung dieses Aspekts setzt jedoch beim Untersucher in der Regel fundierte Vorkenntnisse und praktische Bestimmungserfahrungen voraus: Eine Zusammenfassung gibt die folgende Aufstellung (Die Zuordnung ist auf jeweils einige exemplarische Arten reduziert und enthält zudem als Ergänzung chemische Faktoren):

MERKMALE FÜR EINE BESCHREIBUNG VON FLIESSGEWÄSSER-GÜTEKLASSEN

Tabelle 1.: Wesentliche Merkmale für eine Beschreibung der Güteklassen von Fließgewässern im Vergleich zu experimentellen mikrobiologischen und chemischen Kriterien (verändert nach: Hütter, L., 1984 und LAWA, 1985)

Güte-klasse	Kenn-farbe	Grad der organ. Belastbarkeit	Biologische Charakteristik	Saprobität	Saprobien-Index	Koloniezahl /ml	BSB ₅ (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	O ₂ -Minima (mg/l)
I	blau	unbelastet bis sehr gering	mäßig dichtbesiedelt Algen, Moose, Strudelwürmer, Insektenlarven	oligosaprob	1,0-<1,5	100	1	höchstens Spuren	>8
I-II	hellblau	gering	dicht besiedelt: große Artenvielfalt, Salmonidengewässer	Übergang	1,5-<1,8		1-2	um 0,1	>8
II	grün	mäßig	sehr große Artenvielfalt und Individuendichte: Algen, Schnecken, Kleinkrebse, Insektenlarven, Fische, üppige Wasserpflanzen	β-meso- saprob	1,8-<2,3	10.000	2-6	<0,3	>6
II-III	hellgrün	kritisch	Artenzahl-Rückgang bei Makroorganismen, bei z.T. Massenent- wicklungen	Übergang	2,3-<2,7		5-10	<1	>4
III	gelb	stark verschmutzt	Kolonien fadenförm. Abwasserbakterien und fests. Wimpertierchen, wenige Makroorga- nismenarten: Egel, Wasserasseln z.T. in Massen periodisches Fischsterben	α-meso	2,7-<3,2	100.000	7-13	0,5- mehrere	>2
III-IV	orange	sehr stark verschmutzt	Faulschlammablage- rungen, Besiedlung durch rote Zuckmücken- larve und Schlamm- röhrenwürmer Fischpopulationen nur örtlich begrenzt	Übergang	3,2-<3,5		10-20	mehrere mg/l	<2
IV	rot	übermäßig verschmutzt	Besiedlung vorwiegend durch Bakterien, Geißeltierchen und freilebende Wimpertierchen, Fische fehlen ganz	polysaprob	3,5-4,0	>1000.000	>15	mehrere mg/l	<2

Güteklasse I: unbelastet bis sehr gering belastet

Vorkommen: meist im Quellgebiete und in den Oberläufen von sommerkaltten Fließgewässern, steiniger Untergrund

Wasser: klar und nährstoffarm

Untergrund: steinig, kiesig oder sandig, Vorhandensein von Schlamm nur bei mineralischer Natur

Besiedlung: mäßig dicht; Rotalgen (*Batrachospermum*), Kieselalgen, Moose, Strudelwürmer, Steinfliegenlarven, Köcherfliegenlarven, Käfer, Salmoniden (Laichregion)

Saprobienindex: < 1,5

O₂-Gehalt: bei ca. 95%-105% der Sättigung (nicht unter 8 mg/l)

BSB₅: um 1,0 mg/l

NH₄-N: höchstens in Spuren

Güteklasse I-II: gering belastet

Vorkommen: Oberläufe der Gewässer

Wasser: klar, geringer Nährstoffgehalt

Besiedlung: dicht, Algen (*Ulothrix*), Moose, Blütenpflanzen (*Berula*, *Callitriche*), Strudelwürmer, Ufer-, Eintags- und Köcherfliegenlarven, Käfer (*Elminthidae*, *Hydraenidae*); Salmoniden, Groppe (*Cottus gobio*) als Charakterfisch

Saprobienindex: zwischen 1,5 und 1,8

O₂-Gehalt: ca. 85%-95% der Sättigung (in der Regel noch über 8 mg/l)

BSB₅: zwischen 1,0 und 2,0 mg/l

NH₄-N: geringe Konzentration, im Mittel 0,1 mg/l

Güteklasse II: mäßig belastet

Vorkommen: Gewässerabschnitte steinig, kiesig, sandig oder auch schlammig

Wasser: wenig getrübt

Besiedlung: sehr dicht mit Algen (alle Gruppen), Blütenpflanzen (oft flächendeckend), Schnecken, Kleinkrebsen und Insekten/Insektenlarven, viele Fische

Saprobienindex: zwischen 1,8 und 2,3

O₂-Gehalt: größere Schwankungen durch Abwasserbelastung und Algenentwicklung, jedoch durchweg über 6 mg/l

BSB₅: 2 bis 6 mg/l

NH₄-N: häufig unter 0,3 mg/l

Güteklasse II - III: kritisch belastet

Vorkommen: s.o.

Wasser: stets leicht getrübt, örtlich Faulschlamm

Besiedlung: dicht mit Algen (kolonieartige Massentwicklung vieler Arten), z.T. mit Abwasserpilzen

und Blütenpflanzen (*Potamogeton*, *Nuphar*), Schwämmen, Moostierchen, Kleinkrebsen, Schnecken, Muscheln, Egel, Insektenlarven, größter Artenreichtum der Wimpertierchen

Saprobienindex: zwischen 2,3 und 2,7

O₂-Gehalt: ca. Hälfte des Sättigungswertes

BSB₅: 2 bis 5 mg/l

NH₄-N: häufig unter 1 mg/l

Güteklasse III: stark verschmutzt

Vorkommen: Gewässergrund häufig durch Eisensulfid geschwärzt (bei steinig-sandigem Untergrund)

Wasser: durch Abwassereinleitungen getrübt, an Stellen geringer Strömung Faulschlamm

Besiedlung: vergleichsweise wenige Algen und Blütenpflanzen, flächendeckende Kolonien von Abwasserbakterien (*Sphaerotilus*) und sessilen Wimpertierchen (*Carchesium*, *Vorticella*), wenige makroskopische Tierarten, die sich aber z.T. massenhaft entwickeln (Wasserasseln, Egel, Schwämme), geringe Fischbestände, periodisches Fischsterben aufgrund von Sauerstoffmangel

Saprobienindex: zwischen 2,7 und 3,2

O₂-Gehalt: sinkt zeitweilig auf etwa 2 mg/l ab

BSB₅: 7-13 mg/l

NH₄-N: meist über 0,5 mg/l, nicht selten bei einigen mg/l

Güteklasse III-IV: sehr stark verschmutzt

Vorkommen: Gewässeruntergrund meist verschlammmt (Faulschlamm)

Wasser: getrübt durch Abwassereinleitungen

Besiedlung: fast ausschließlich durch Mikroorganismen, besonders Wimpertierchen, Geißeltierchen und Bakterien, Makroorganismen: nur rote Zuckmückenlarven und Schlammröhrenwürmer (allerdings massenhaft), Fische nur lokal und phasenweise vorhanden

Saprobienindex: 3,2 bis 3,5

O₂-Gehalt: manchmal unter 1 mg/l, in der Regel nur wenige mg/l

BSB₅: 10 bis 20 mg/l

NH₄-N: meist mehrere mg/l

Güteklasse IV: übermäßig verschmutzt

Vorkommen: Gewässerboden meist durch starke Faulschlammablagerungen gekennzeichnet (Geruch dann auch nach Schwefelwasserstoff)

Wasser: Stark getrübt durch Abwassereinleitungen

Besiedlung: fast ausschließlich mit Bakterien, Pilzen und Geißeltierchen, einige freibewegliche Wimpertierchenarten (z.T. massenhaft)

Saprobienindex: über 3,5

O₂-Gehalt: sehr niedrig bis 0 mg/l

BSB₅: meist über 8 mg/l

NH₄-N: meist mehrere mg/l

3. DOKUMENTATION ANTHROPOGENER BELASTUNGEN DURCH BIOINDIKATOREN

Eine Vielzahl Bakterien, Pflanzen und Tieren, einzeln oder in komplexen Organismengemeinschaften, steht in Beziehung zu bestimmten Umweltfaktoren, so daß ihre Anwesenheit und ihre Konzentration die entsprechenden Umweltfaktoren in Qualität und Quantität anzeigen kann.

Die Lebensfunktionen solcher „*Zeigerorganismen*“ oder *Bioindikatoren* sind in enger Korrelation mit den Umweltfaktoren verknüpft, die durch sie ausgewiesen werden.

Leistungen der Bioindikatoren:

Bioindikatoren werden in unterschiedlicher Weise genutzt.

Im Rahmen dieses Themas soll nur ihre Rolle als Anzeiger für die Veränderungen in bestimmten Biotopen, die durch anthropogene Einflüsse belastet wurden oder sind, beleuchtet und genutzt werden (*Belastungsindikatoren*).

Die komplexen Umweltschädigungen können sich dabei in verschiedener Weise in der Population oder Biozönose darstellen (nach Lammert, 1988):

- in der Schrumpfung des Areals
- in der Verringerung der Produktivität
- in der Verkleinerung der Individuendichte
- in der Veränderung der natürlichen Altersstruktur und schließlich
- in der Artenzusammensetzung.

Für die Untersuchung der durch anthropogene Einflüsse hervorgerufenen Veränderungen in einem Biotop kann es eine methodische Möglichkeit sein, sich auf die Entwicklung der Individuen *einer* „Zeigerpopulation“ (z.B. „Grünalgen als Bioindikatoren der Gewässergüte“, Klautke, 1988) zu konzentrieren.

Ein anderer Ansatz bezieht *eine ganze Reihe* unterschiedlicher „Zeigerpopulationen“ der Biozönose eines Biotops in das Untersuchungsverfahren mit ein. Dieses Prinzip wird bei den hier dargestellten Verfahren angewandt.

Nutzung von Bioindikatoren für die schulische Gewässeranalytik:

Es soll nicht verschwiegen werden, daß die Arbeit mit Indikatorformen bei entsprechend höheren Ansprüchen in der Regel eine Bestimmung bis zur Art erforderlich macht.

Dennoch ist es für die praktische Arbeit in der Schule sinnvoll, didaktisch zu reduzieren.

Das bedingt die Nutzung höherer taxonomischer Einheiten um den Preis eines geringeren fachlichen Anspruches bzw. der Infragestellung der benutzten Methodik von fachkompetenter Seite. Um diese fachlichen Einwände sollte man bei Nutzung der gängigen Untersuchungsverfahren wissen.

Dazu ein Beispiel: Bei Untersuchungen der Fulda und ihrer Zuflüsse konnte man unterschiedliche Flohkrebsarten in Abhängigkeit von der jeweiligen Belastungsstufe in den verschiedenen Flußabschnitten nachweisen. Dabei zeigte sich, daß es möglich gewesen wäre, die Gewässergütebestimmung *allein* nach dem Auftreten der Individuen der Gattung Gammarus (*Gammarus pulex*, *G. fossarum*, *G. roeseli*.) durchzuführen (Besch, 1984). Um wissenschaftlichen Ansprüchen zu genügen, hätte aber die Indikatorform eindeutig als Art definiert werden müssen. Die genannten Gammarus-Arten fanden sich (nach steigender Sensibilität gegenüber dem Gesamtfaktor Abwasser: *Gammarus roeseli*-*G. fossarum*-*G. pulex*; Meijering und Pieper, 1982) in verschiedenen Gewässergüteklassen, jedoch mit deutlichen Überschneidungen.

Die im Schulbereich beispielsweise angewandten Bestimmungsmethoden nach Xylander/Naglschmid (1985) bzw. Baur (1980) differenzieren in ihrem Bestimmungsschlüssel nicht im Bereich der Gattung Gammarus, bzw. verweisen nur auf unterschiedliche Arten (*G. pulex* und *G. roeseli*; siehe Baur), die ähnliche Lebensansprüche an die Wasserqualität stellen. Hier zeigen sich die Unterschiede im Anspruch zwischen den Schulmethoden und den Verfahren der Landeswasserämter oder der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Während im ersten Falle der Bachflohkrebs oder auch der Flußflohkrebs in etwa der Gewässergüteklasse II zugeordnet wird, wird im zweiten Falle z.B. zwischen *Gammarus fossarum* (Saprobienindex 1,3) und *Gammarus roeseli* (Saprobienindex 2,3 nach Meyer bzw. 2,0 nach LAWA) eine deutliche Differenzierung sichtbar (aus der Artenliste der Makroorganismen zur Ermittlung der Gewässergüteklasse in Nordrhein-Westfalen, nach Zelinka und Marvan, 1961).

Dieser Anspruch auf Exaktheit relativiert sich jedoch in unserem Beispiel „Gammarus“ dadurch, daß in den verschiedenen Bundesländern mit unterschiedlichen Gütestufen-Charakterisierungen gearbeitet wird und daß dabei Differenzen von einer Gütehalbstufe bei einer bestimmten Indikatorart auftreten können: So findet man in der Gütestufen-Bestimmung von Baden-Württemberg *Gammarus roeseli* in Güteklasse II, *Gammarus pulex* sogar nur in Güteklasse II-III.

Die Gewässerschutzverbände plädieren im Rahmen der Gütekartierungen für *ein bis zwei biologische Analysen in einem Jahr pro Meßstelle*. Dabei sollte eine Untersuchung in den Monaten April bis Juni erfolgen (eine zweite dann nach Juni). Zusätzlich wird empfohlen, „chemische Stützwerte“ (Sauerstoff, BSB- und Ammoniumwert; Meyer, D. u. Schmidt, D., 1987) zu ermitteln.

An diesen zeitlichen Vorgaben könnte sich auch die schulische Gewässeranalytik (Bachpatenschaften) orientieren. Dabei sollte zum Konzept einer langfristigen Erfassung der Meßdaten im Rahmen der Betreuung eines Gewässers im Stadtteil (Stadtbereich) oder in der Region (Land) der Einsatz eines Computers mit einem entsprechenden Programm (z.B. „Umweltatlas Wasser“, FWU-München) gehören, das von allen betroffenen Kollegen gemeinsam genutzt und weiterentwickelt wird.

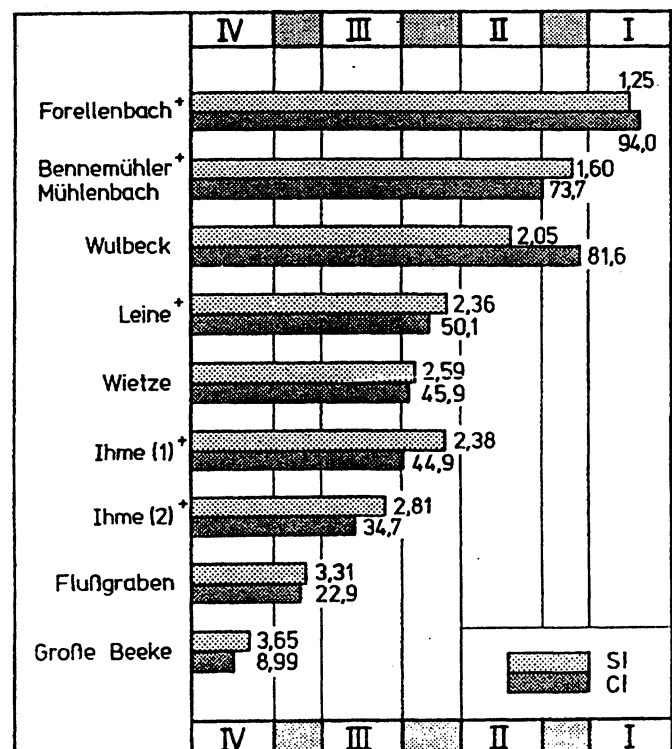
gemeinschaft betrachtet werden, die über einen längeren Zeitraum in dem zu untersuchenden Gewässer leben. Sie werden sich in der Regel durch einmalige oder kurzzeitige Verschmutzungen nicht aus ihrem Biotop vertreiben lassen. Das Untersuchungsprinzip läßt die Ermittlung eines „Durchschnittswertes“ (Hütter, 1984) zu. Dabei kann bereits *eine einzige* Untersuchung *sehr schnell* einen guten Durchschnittswert erbringen. Kurzfristige Verschlechterungen der Lebensbedingungen, die die chemische Wasseranalyse sehr exakt bestimmen kann, können also durch diese Methodik bei nur wenigen Probenentnahmen nicht als eine zeitlich limitierte Störung identifiziert werden. Im gleichen Fall wird bei Nutzung der biologischen Analytik die kurzfristige Veränderung des Milieus den Untersucher nicht über die mittleren „normalen“ Bedingungen in dem betreffenden Biotop täuschen können.

Bedeutung und Grenzen beim Einsatz von Bioindikatoren im Rahmen der makroskopischen Wasseranalyse:

Anthropogene Belastungen werden auch durch *chemo-physikalische Methoden* nachgewiesen (s. u.a. Graffitti, 1994). Damit sind einerseits zwar exaktere, quantitative Messungen einzelner Immissionskomponenten zu einer bestimmten Zeit möglich, andererseits aber sind Schädigungen einzelner Organismen bzw. Störungen im komplexen Wechselspiel einzelner Glieder von Nahrungsnetzen über einen bestimmten Zeitraum nicht belegbar (nach Lammert, 1988). Die chemische Wasseranalyse ist dort unverzichtbar, wo die Art des schädigenden Stoffes bzw. die Zusammensetzung und die jeweilige Konzentration der fraglichen Schadstoffe sowie die Orte der Schadstoffeinträge ermittelt werden müssen. Die Methode der Bioindikatoren kann lediglich durch chemo-physikalische Analysen ergänzt, nicht aber ersetzt werden.

Das ist vor allem dadurch begründet, daß bei der biologischen Analyse die *Individuen einer Lebens-*

Tab. 2: Vergleich Saprobienindex (SI)/Chemischer Index (CI) an 9 Fließgewässern des Großraum Hannover; Durchschnittswerte nach 6 (* bzw 5 Monaten); (aus: Meyer, D. und Schmidt, D., 1987)



In einer umfangreichen Vergleichsuntersuchung an niedersächsischen Fließgewässern haben Meyer und Schmidt (1987) für alle Güteklassen (I bis IV) nachgewiesen, daß der Chemische Index (CI) erheblich größeren Schwankungen unterworfen ist als der Saprobienindex. Bei den biologischen Analysen nach dem Saprobienindex erreichten 98% die „Durchschnittsgüte“, bei den chemischen Analysen nach BACH waren es nur 66%. Die Untersucher hatten in dieser Untersuchungsreihe ab dem Monat April bis September monatlich eine biologische und eine chemo-physikalische Untersuchung durchgeführt. Aus der Tabelle 2 ist jedoch ersichtlich, daß die Ergebnisse beider Verfahren dennoch relativ dicht beieinander liegen. Beide Verfahren stellen sich somit unabhängig voneinander als qualifizierte Wassergüteanalytik dar.

Für den Einsatz im Schulbereich ist die biologische Methode u.a. deshalb so attraktiv, da sie sehr viel billiger und schneller ist. Zur Ermittlung des CI sind demgegenüber mindestens 6 Untersuchungen notwendig.

Ergänzungen zur Gewässeranalytik mit Bioindikatoren

Gütebestimmungen der Gewässer mit Hilfe von Saprobienindices können sinnvoll mit entsprechenden Messungen zum O₂-Gehalt, der O₂-Zehrung in 2 Tagen und dem BSB₅-Wert kombiniert werden (siehe Tabelle 3). Diese Form der Parallelisierung verschiedener Versuchsmethoden, wie sie z.B. von Liebmann (1969) und Hamm (1968) vorgeschlagen wurde, erhöht zum einen die Genauigkeit der Untersuchungen und zum anderen ergänzt sie die biologische Methodik bei Verzicht auf die aufwendigeren Verfahren der chemo-physikalischen Gewässergütebestimmung nach z.B. BACH und G.R.E.E.N. Vergleiche mit anderen Versuchen der Parallelisierung zwischen Saprobienstufe und beispielsweise BSB-Werten zeigen jedoch Schwierigkeiten einer Verallgemeinerung auf (s. u.a. Leithe, 1975).

Die Kosten für das benötigte Sauerstoff-Bestimmungssatz sind vergleichsweise gering.

PARALLELISIERUNG VON GÜTESTUFEN, SAPROBITÄTEN UND SAUERSTOFF-BEDINGUNGEN IN FLIESSGEWÄSSERN

Tabelle 3. : Saprobienindices und Sauerstoffgehalt in Fließgewässern

(Insbesondere nach der sogen. „Münchener Methode nach Liebmann, 1969 und Hamm, 1968 werden neben den Saprobienindices noch weitere Daten, wie BSB-Wert, O₂-Gehalt und Toxizität zur Gütebestimmung herangezogen; röm. Ziffern: Güteklassen, arab. Ziffern: entsprechende Saprobienindices; Sauerstoffübersättigungen in Spalte 2 b mitberücksichtigt; nach: Besch, 1984)

Spalte	1	2a	2b	3	4	5
Güteklasse (Saprobienstufen)	O ₂ -Gehalt			O ₂ -Zehrung (in 48 Stunden)		BSB ₅ mg/l bei 20°C
	mg/l bei 20°C und 760 Torr	% zur Sättigung	% zur Sättigung	mg/l bei 20°C	%	
I (1,0)	8,45-8,84	95-100	100-103	0,0-0,3	0-5	0,0-0,5
I-II (1,5)	7,5-8,45	85-95	103-110	0,3-1,1	5-10	0,5-2,0
II (2,0)	6,2-7,5	70-85	110-125	1,1- 2,2	10-20	2,0-4,0
II-III (2,5)	4,4- 6,2	50-70	125-150	2,2-3,8	20-40	4,0-7,0
III (3,0)	2,2-4,4	25-50	150-200	3,8-7,0	40-70	7,0-13,0
III-IV (3,5)	0,9-2,2	10-25	200	7,0-12,0	70-95	13,0-22,0
IV (4,0)	0-0,9 evtl. H ₂ S	10		12,0	95	22,0

4. METHODEN DER BIOLOGISCHEN FLIEßGEWÄSSERUNTERSUCHUNG UND EICHUNGSVERFAHREN

In Mitteleuropa ist die Besiedlungsdichte vergleichsweise sehr hoch. Entsprechend groß ist demnach auch die Belastung der Gewässer mit organischen Stoffen.

Schon zu Beginn dieses Jahrhunderts ist von Kolkwitz und Marsson (1902, 1908 und 1909; Revision durch Kolkwitz, 1950) die Beschreibung der verschiedenen Saprobienzonen in unterschiedlich belasteten Gewässern dargestellt und somit die Grundlage für eine Klassifizierung von Fließgewässern mit Indikatororganismen gelegt worden.

Heute gibt es eine Vielzahl von biologischen Untersuchungsmethoden, die sich von den Ansätzen Kolkwitz und Marssons herleiten lassen. Unterschiede in den Versionen zeigen sich in der benutzten Artenliste, der Saprobienindex- bzw. Güteklasseformel und der Form der graphischen Darstellung.

Eine exponierte Stellung nimmt dabei die Artenliste ein. Während Kolkwitz und Marsson von etwa 700 „Saprobienleitformen“ (1908 u. 1909) ausgingen, wurde im Verlaufe der praktischen Anwendung sehr schnell deutlich, „daß es nur einer Gruppe von Spezialisten möglich ist, über so viele und genaue taxonomische Spezialkenntnisse zu verfügen“ (Besch, W.K., 1984). Die heutigen, von Kolkwitz und Marsson abgeleiteten Methoden kennzeichnen zum einen eine erheblich geringere Artenliste und zum anderen den zumindest teilweisen Verzicht auf die Artbestimmung.

Was für die Entwicklung anerkannter und offizieller staatlicher Untersuchungsmethoden Gültigkeit hat, muß in verstärktem Maße auch für die pädagogische Arbeit im Rahmen der Umwelterziehung an den Schulen gelten.

Zu aufwendige Bestimmungsverfahren überfordern früh das Vermögen und die Geduld der Schüler. Frustration kann die Folge sein. Der Spaß an der Arbeit, die Sensibilisierung für ökologische Probleme sowie die Förderung der Handlungsbereitschaft im Sinne eines eigenständigen Eintretens zur Verbesserung der Umweltbedingungen haben einen höheren Stellenwert als das Erreichen eines wissenschaftlich gesicherten Untersuchungsergebnisses. Von diesem Sachverhalt her und aus den Unterrichtsangeboten in den verschiedenen Klassenstufen erklären sich die im praktischen Teil dargestellten unterschiedlichen Methoden.

Eichung:

Die Errechnung der einzelnen Saprobienindices ist eine wesentliche Voraussetzung für die Bestimmungsmethoden. Dies kann auf mehreren Wegen geschehen (nach Besch, W.K., 1984):

1. in Laborexperimenten wird die Reaktion der möglichen Indikatorarten auf Abwasser bzw. bestimmte Abwasserinhaltsstoffe bei Beachtung der natürlichen Abbaubedingungen dieser Stoffe untersucht,
2. in Freilandbefunden wird ermittelt, wie Saprobien- und Gütestufen mit anderen Daten (biochemischen, chemischen und toxikologischen) korrelieren (Arten und Artengesellschaften) und
3. in statistischen Erhebungen wird die Verbreitung der einzelnen Indikatorarten im Spektrum des Saprobien-Systems festgestellt.

Bei der *Güteklassifizierung nach biologischen Methoden* spielen eine Reihe von Insektengattungen eine große Rolle. Im Verlaufe des Frühjahrs und Sommers verlassen bedingt durch die Metamorphose der Insektenlarven zu geflügelten adulten Tieren- „ganze Insektengattungen das Wasser“ (Meyer, D. u.a., 1987). Da die später vorhandenen Eier und Junglarven dieser Gattungen nicht gefunden oder identifiziert werden können, fallen sie bei einer Saprobienbestimmung zu dieser Zeit völlig aus. Es wäre eigentlich daraus zu folgern, daß entweder die betreffenden Insektengattungen für Untersuchungen in der fraglichen Zeitspanne ausgespart werden oder aber Untersuchungen generell nicht in dieser Phase durchgeführt werden können. Mögliche Beeinträchtigungen der Untersuchungsmethode zeigen sich jedoch mit genauerem Blick auf die Insektengattungen als unbedeutend: Die besagten Vertreter stehen im Prinzip für niedrige Güteklassen. In diesen ist die Artenbreite jedoch so groß, daß durch den Ausfall bestimmter Formen die Gesamtrechnung dabei nicht verfälscht wird.

„Die *Lebensgemeinschaft bestimmt die Güteklasse, nicht das Einzelindividuum*“ (Meyer, D. u.a., 1987).

5. EINE METHODE ZUR MAKROSKOPISCH-BIOLOGISCHEN UNTERSUCHUNG VON STILLGEWÄSSERN

Die Bestimmung der Trophiestufen:

Um ein Gewässer zu klassifizieren, sind relativ aufwendige Untersuchungen in den verschiedenen Bereichen des Wasserkörpers nach chemo-physikalischen und biologischen Kriterien notwendig.

Dazu gehören auch *Tiefenprofil-Untersuchungen*. Neben Planktonuntersuchungen (Dichte, Soziologie) sind es Messungen auf die bedeutenden Pflanzennährstoffe Stickstoff- und Phosphatgehalt (Minimumfaktoren) sowie die Chlorophyllkonzentration als Maß für Algendichte und Produktionspotential, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Säurebindungsvermögen (Kalk-Kohlensäure-System).

Eine bundeseinheitliche LAWA-Bestimmungsmethode gibt es derzeit nicht. An einer Standardisierung soll jedoch momentan gearbeitet werden (Roch, 11/1995).

Der Sinn einer Klassifizierung von Stillgewässern wird z.B. von der Umweltbehörde in Hamburg u.a. in der Beobachtung der zeitlichen Veränderungen der Gewässer (Seenalterung) gesehen. Nach Auffassung der LAWA erfordern die notwendigen Meßverfahren zur *direkten Messung der Produktionsleistung* einen enormen Aufwand und fallen deshalb für die routinemäßigen staatlichen Gewässerüberwachungen von Seen allein aus Kostengründen aus.

Aber auch die Erfassung der Parameter in den unterschiedlichen Bereichen eines Stillgewässers zur *indirekten Methode* zur Bestimmung der Trophiestufe ist im Vergleich zu den Methoden der Gewässergütebestimmung von Fließgewässern relativ aufwendig.

Hütter (1990) unterscheidet beispielsweise 4 Trophiestufen (die früher verwendete Dreistufigkeit des Trophiesystems ist in Fachkreisen nicht mehr gebräuchlich) nach dem Phosphat-Phosphorgehalt. Danach ergeben sich folgende 4 Trophiestufen für Seen:

(in Klammern zusätzlich die entsprechenden Daten von Klee bzw OECD; nach Meyer, 11/1995)

1. *Ultra-oligotrophe bis oligotrophe Seen:*
< 8 µg/l P (Klee und OECD: Ø 8 µg/l P für oligotrophe Seen)
2. *oligotrophe bis mesotrophe Seen:*
8-18µg/l P (Ø 26,7 µg/l P für mesotrophe Seen)
3. *mesotrophe bis eutrophe Seen:*
18-84µg/l P (Ø 84,4 µg/l P für eutrophe Seen)
4. *hypertrophe Seen:*
> 84µg/l P (ca. 750-1200 µg/l P für hypertrophe Seen)

Meyer (11/1995) fügt den 4 Trophiestufen eine weitere hinzu. Vereinfacht formuliert wird der eutrophe Bereich in eutroph und in stark eutroph gegliedert (siehe dazu auch 6.4.). Dabei folgt er weitgehend den bestimmenden Phosphat-Werten von Klee und OECD:

Klassifizierung der Seen nach dem Phosphat-Phosphorgehalt:

oligotroph:	5-14 µg/l P
mesotroph:	14,0-49 µg/l P
eutroph:	38- 84 µg/l P
stark eutroph:	84-189 µg/l P
(Ausnahmen bis ca. 420 µg/l P)	
polytroph bzw. hypertroph:	>420 µg/l P

Anmerkung: Überschneidungen der Werteskalen gibt es hiernach zwischen mesotroph und eutroph. Die effektive Bewertung muß hier durch Hinzuziehung weiterer Meßfaktoren (z.B. O₂) erfolgen. Meyer, D.: 1996)

Unterrichtliche Nutzung des Uferbereichs von Stillgewässern:

Mit Einführung der BACH-Untersuchungsparameter Anfang der 80er Jahre wurde die unterrichtliche Arbeit in Biologie und Umwelterziehung erheblich bereichert.

Mit Hilfe der Datenermittlung und -auswertung von 8 chemo-physikalischen Parametern stand neben den herkömmlichen biologischen Bestimmungsmethoden nach dem Saprobien-system eine praktikable Alternative zur *Ermittlung der Fließgewässergüte* zur Verfügung. Mit der Einführung der G.R.E.E.N.-Parameter sowie der computerunterstützten Auswertung („Umweltatlas Wasser“/FWU-München), den darauf aufbauenden Vernetzungsmöglichkeiten und der der G.R.E.E.N-Philosophie zugrunde liegenden Idee eines fächerübergreifenden, projekt- und handlungsorientierten Unterrichts im Aufgabenfeld der Umwelterziehung erweiterte sich der Kreis der Interessenten erheblich.

Da diese Untersuchungsmethoden zur Ermittlung der Gewässergüte unzweifelhaft auch höheren als schulischen Ansprüchen genügen (staatliche Stellen nutzen ebenfalls das BACH- bzw das Saprobien-system zur Ermittlung eines Güteindex), gab es von der fachlichen Seite kaum Probleme.

Aus meinen Erfahrungen in der Lehrerfortbildung ist mir jedoch bekannt, daß viele Kollegen die herkömmlichen Methoden der Fließgewässeruntersuchung auch auf Messungen und Charakterisierungen von Stillgewässern übertragen haben. Das ist sicherlich bevorzugt da geschehen, wo aufgrund eines Mangels an geeigneten Fließgewässern nahegelegene Seen einen adäquaten Ersatz darstellten. Dafür gibt es ohne Zweifel Gründe, die im Sinne einer didaktischen Reduktion des fachlichen Anspruchs nachvollziehbar sind. Voraussetzung dafür jedoch ist in jedem Falle ein entsprechender Hin-

weis auf die damit verbundenen Vereinfachungen und Probleme. So ist beispielsweise aufgrund von Untersuchungen im Uferbereich eines Sees mit einer saisonalen Wasserkörperschichtung ein Rückschluß auf den Trophiegrad des gesamten Sees nicht vollziehbar. „Beim Stillgewässer ist es möglich, daß an der Oberfläche Gutwasserorganismen zu Hause sind, im Bodengrund aber nur „Schmutzfinken“, da dort sauerstoffarme oder gar sauerstofflose Zustände herrschen“ (Meyer, 1995).

Aus diesem Grunde findet man in solchen Gewässern oligosaprobe einträchtig neben polysaprobe Leitformen (Butkay, M., 1992). Bei sehr flachen Stillgewässern dagegen mag eine Gütebeurteilung im Uferbereich eine begrenzte Aussagekraft auch für den gesamten Wasserkörper beinhalten.

Das Interesse, im Rahmen schulischer Umwelterziehung den Fließgewässeruntersuchungen vergleichbare Möglichkeiten der Gewässergütebewertung zu nutzen, ist nur zu verständlich. Es bedarf keiner weiteren Begründung.

Dabei ist es jedoch unumgänglich, sich auf das schulisch Machbare bei gleichzeitiger Wahrung des fachlichen Anspruchs zu beschränken.

Für *Stillgewässeruntersuchungen mit dem Ziele einer Gütebestimmung* sollte man sich in der Regel auf Messungen und Untersuchungen in der Uferzone konzentrieren und demzufolge Aussagen über die Gewässergüte ausschließlich auf diesen Bereich beschränken. Das betrifft chemo-physikalische wie auch biologische Untersuchungsmethoden.

Für die Arbeit mit Schülern ist die Untersuchung im Uferbereich am einfachsten zu organisieren, die makroskopische Flora und Fauna sind zudem besonders artenreich und vergleichsweise leicht zu untersuchen.

Eine umfassende Seenuntersuchung beispielsweise anhand der Vielzahl chemo-physikalischer und biologischer Parameter in den verschiedenen Bereichen und zu unterschiedlichen Zeiten mit dem Ziele einer anspruchsvollen Gütebestimmung des gesamten Wasserkörpers kann in der Regel im Rahmen einer normalen unterrichtlichen Behandlung nicht geleistet werden.

Somit beschränken wir uns hier auf die *biologische Gewässeruntersuchung im Uferbereich von Stillgewässern*.

Um dabei mit den Indikatororganismen des Saprobiensystems der Fließgewässer arbeiten zu können, ist es zum einen notwendig,

- die Möglichkeit der Übertragbarkeit des Saprobiensystems auf Stillgewässer zu prüfen,

- Biotop-Ähnlichkeiten herauszustellen und dabei vergleichende Untersuchungen von Indikatororganismen beider Bereiche heranzuziehen
- eine Parallelisierung des herkömmlichen Trophiesystems für Stillgewässer mit dem Saprobiensystem der Fließgewässer zu vollziehen.

Anwendung des Saprobiensystems zur Untersuchung von Stillgewässern:

Nach Liebmann (1962) gehen zwar die Limnologie und die Abwasserbiologie mit unterschiedlichen Ansätzen an die Trophie- bzw. Saprobiestufen heran, er selbst macht aber andererseits „ganz klar keine Unterschiede zwischen fließenden und stehenden Gewässern“ (Meyer, D. 1995) und den entsprechenden Lebensgemeinschaften. „Dabei findet man bei den Arten der stehenden Gewässer viele Saprobien, die dann auch so in die Trophiestufen eingeordnet sind wie bei den Gütestufen der Fließgewässer“. Dies verwundert insofern auch nicht, als auch in vielen anderen Veröffentlichungen die „fließenden Übergänge“ (Brehm und Meijering, 1982) zwischen Fließ- und Stillgewässern hervorgehoben werden. Wieso sollten denn auch generell die Unterschiede in den Organismen zwischen Fließgewässern und Seen beispielsweise größer sein als zwischen der Quell- und der Mündungsregion großer Flüsse oder im Vergleich zu den Gräben Ostfrieslands, die von der Definition her als Fließgewässer betrachtet werden müssen?

Die Kardinalfragen, die es zu beantworten gilt, um das Saprobiensystem auf Stillgewässeruntersuchungen zu übertragen, sind dabei:

Findet man die gleichen Indikatororganismen (u.a. bis zur Artbestimmung) auch in Stillgewässern?

Ist die Datenbasis möglicher Vergleichsuntersuchungen solide?

Sind die den Vergleichsuntersuchungen zugrunde liegenden Methoden praxisbewährt und allgemein anerkannt?

Beginnen wir mit der letzten Frage. Die makroskopisch-biologische Feldmethode zur Wassergütebeurteilung von Fließgewässern (Meyer, 1990) ist -auch in der „abgespeckten“ Variante mit 46 Indikatoren für unterrichtliche Zwecke ein in der niedersächsischen Untersuchungspraxis bewährtes und anerkanntes System. Es wird u.a. genutzt durch die Arbeitsgemeinschaft Limnologie und Gewässerschutz (ALG). Als Vergleichsmethodik wird das chemo-physikalische Bestimmungsverfahren zur Ermittlung des Trophiegrades für Stillgewässer nach Klee (1991) und der OECD (1984) genutzt. Die gewählte

Form des Verfahrens ist begründet, ein Vergleich chemo-physikalischer mit biologischen Parameter adäquat. So werden z.B. auch bei der sogenannten „Münchener Methode“ zur Fließgewässergüte-Bestimmung (Liebmann, 1969, Hamm, 1968) alle wesentlichen verfügbaren Parameter (O_2 -Gehalt des Wassers, O_2 -Zehrung, BSB-Wert, Toxizität, Saprobienindex) zur Bestimmung genutzt.

Die Datenbasis, auf der die Übertragung des Saprobienindex-Verfahrens für Stillgewässer fußt, ist in der Tat noch recht schmal. Sie wurde zudem ausschließlich in Norddeutschland an Seen, Kiesseen und Regenrückhaltebecken überprüft. Diese Gewässer bewegen sich in der Güte zwischen der Einteilung eutroph und stark eutroph.

In jedem Fall wurden alle im MEYERschen System verwendeten Indikatororganismen auch in den untersuchten Stillgewässern gefunden.

Auswertung des ALG-Datenmaterials über Stillgewässer:

Die unmittelbare Uferzone von Fließgewässern mit ihrer großen Formenfülle gleicht am ehesten dem Flachwasserbereich von Seen oder deren Brandungszonen.

Mit dem Anspruch, eine dem Saprobienindex für Fließgewässer vergleichbare Liste zur Untersuchung der Uferregion von Stillgewässern aufzustellen und für die Bestimmung eines entsprechenden Trophiegrades abzusichern, hat Detlef Meyer -auf meine Bitte hin und trotz anfänglicher Skepsis- 1995 den Versuch unternommen, das ihm vorliegende ALG-Datenmaterial nach der MEYERschen Liste zu beurteilen und mit dem chemo-physikalischen Verfahren zur Ermittlung des Trophiegrades nach Klee und der OECD zu vergleichen (Voraussetzung: modifizierte Trophiestufen-Einteilung).

Ergebnis: Von den 24 untersuchten Stillgewässern gab es allein bei 19 mit beiden Verfahren beurteilten Gewässern eine bemerkenswerte Kongruenz der Ergebnisse (=79,2 %). Bei nur 5 Gewässern lagen die Einzelergebnisse eine Trophiestufe auseinander (wobei in einem Fall die „richtige“ Trophiestufe nur um 1/100 verfehlt wurde; (Meyer, 1996).

Meyer weist darauf hin, daß die in fünf Fällen strittige biologische Bestimmung bereits allein durch eine zusätzliche Sichttiefenbestimmung hätte korrigiert werden können.

Fazit: Das Ergebnis dieser Untersuchung ist eine Ermutigung für einen Einsatz von Indikatororganismen zur Gewässerbeurteilung auch für Stillgewäs-

ser. Nach Meyer ist die Methode schon „ein Gewinn, wenn man Schüler auch an Stillgewässer und die in ihnen beheimatete Formenfülle heranführen kann“.

Parallelisierung von Trophiestufen zu Saprobienstufen:

Bei einem Vergleich der beiden Gütestufen finden die abwasserbiologischen Bezeichnungen oligosaprob (oligos = wenig) und polysaprob (poly = viel) sinnvolle Entsprechungen in den limnologischen Charakterisierungen oligotroph und polytroph. Demgegenüber deckt sich die limnologische Bezeichnung eutroph (eu = gut) mit keiner speziellen abwasserbiologischen Saprobienstufe.

Während der Limnologe zur Zeit der Einführung des 3stufigen Trophiesystems die Bezeichnung eutroph für ein nährstoff- und damit zugleich artenreiches Gewässer gebrauchte, ist der Abwasserbiologe natürlich primär daran interessiert, zur Kennzeichnung des Verschmutzungsgrades die verschiedenen Stufen des Abbaues organischer Substanz zu bezeichnen. In Abhängigkeit vom Grad der Eutrophierung sind demnach verschiedene Abschnitte in diesem Bereich zu unterscheiden.

Seit längerer Zeit gibt es bereits zwischen der *oligotrophen* und der *eutrophen* eine zusätzliche, nämlich die *mesotrophe* Stufe, die eine geringe Nährstoffbelastung beschreibt. Da aber zwischen einem Stillgewässer mit einem mäßigen bzw. einem großen Nährstoffangebot ein beträchtlicher Unterschied besteht, empfiehlt Meyer (1996) den verbleibenden eutrophen Bereich in *eutroph* (= mäßiges Nährstoffangebot) und *stark eutroph* (= starkes Nährstoffangebot) zu gliedern. Darüber hinaus verbleibt die *polytrophe* Stufe (übermäßig großes Nährstoffangebot).

Damit wird eine von Liebmann bereits im Kern vorgenommene Vergleichbarkeit von Trophie- und Saprobienbestimmung durch Einführung zweier Trophiestufen (mesotroph und stark eutroph) erreicht. Für eine Parallelisierung des Saprobienindex (SI) mit den beschriebenen Trophiestufen ergibt sich nach Meyer folgende Einteilung:

SI	Trophiestufe
1,0-1,5	oligotroph
1,5-2,0	mesotroph
2,0-2,7	eutroph
2,7-3,2	stark eutroph
3,2-4,0	polytrophe (hypertrophe) Stufe

PRAKTISCHER TEIL

6. MAKROSKOPISCH-BIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN VON FLIEßGEWÄSSERN UND DES UFERBEREICHS VON STILLGEWÄSSERN

Es sollen hier zwei Untersuchungsmethoden vorgestellt werden, die mit sehr unterschiedlichem Anspruch für unterschiedliche Adressatengruppen konzipiert sind:

die Methoden nach Xylander/Naglschmid (1985) und Meyer (1990).

6.1. Zwei unterschiedliche Untersuchungsmethoden für den Unterricht

Das **System nach Xylander/Naglschmid** verwendet ausschließlich höhere systematische Kategorien (Taxa).

Bei den gefundenen Tiergruppen wird ausschließlich nach *unterscheidbaren Formenzahlen* differenziert. Mit dem Verzicht auf die Anwendung unterer Taxa ist natürlicherweise ein geringeres fachliches Anspruchsniveau gegeben. Die Erfahrungen mit dieser Methode zeigen jedoch, daß die Ergebnisse der Gütebestimmung vergleichsweise gut sind.

Die Vorteile dieses Verfahrens sind:

- die Anzahl der Organismen ist überschaubar,
- die Bestimmung ist wenig zeitaufwendig,
- auch in Bestimmungsverfahren ungeübte Lehrer und Schüler kommen mit dieser Methode meist gut zurecht und erzielen in der Regel brauchbare Ergebnisse.

Die Methode nach Xylander/Naglschmid ist seit Jahren Bestandteil der FWU-Software „Umweltatlas Wasser“, die speziell für den Schulbereich konzipiert wurde und über die Landesbildstellen der Länder allen Schulen in Deutschland im Lizenzverfahren zur Verfügung gestellt wird)

Das Bestimmungsverfahren sollte vornehmlich in der Sekundarstufe I, kann aber auch in der Sekundarstufe II eingesetzt werden.

Das **System nach Meyer** stellt erheblich größere Anforderungen an den Nutzer, wobei es auch eine *Feldmethode* ist, bei der man in allen Fällen bei der Bestimmung mit einer 10fachen Lupe auskommt. Die Liste der insgesamt 46 Indikatorarten (Der Verfasser propagiert parallel dazu eine Liste mit 78 Indikatoren für den „geübten Untersucher“) stellt für den „anfangenden Untersucher“ meines Erachtens ein Optimum hinsichtlich des Anspruchs und der Leistungsbereitschaft der Schüler im Rahmen der Umwelterziehung der Sekundarstufe II der allgemeinbildenden Schulen dar. Die Saprobienliste lehnt sich weitgehend an die für die Wasserwirtschaftsverwaltungen verbindlichen Liste der Länderearbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) an. Demnach sind „80% der vergleichbaren Indikatoren mit einem gleichen, zumindest annähernd gleichen Saprobienindex belegt.“ (Meyer, D., 1990)

Das Bestimmungsverfahren wird in der Regel in der Sekundarstufe II eingesetzt werden. Die Entscheidung darüber ist abhängig von der Zusammensetzung der Untersuchungsgruppe/Lerngruppe und der zur Verfügung stehenden Zeit im Rahmen der gesamten Wasseruntersuchungen.

Ein nicht geringer Teil der 46 Indikatoren mit sehr niedrigem Saprobienwert wird vor dem Hintergrund der Beschaffenheit vieler Gewässer nicht oder nur sehr selten zur Anwendung kommen. Dies trifft in besonderer Weise für viele Stillgewässer zu. Insofern relativiert sich die MEYERsche Liste bei näherer Betrachtung selbst.

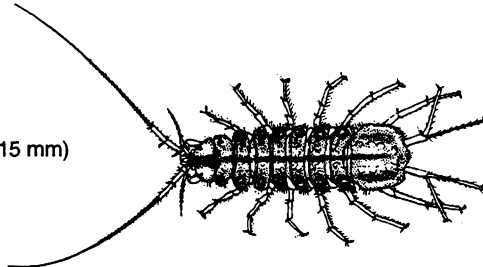
6.2. Vorstellung der Tierformen mit Indikatorfunktion

In der Tabelle 4 werden die in beiden Systemen benutzten Indikatorformen beispielhaft dargestellt.

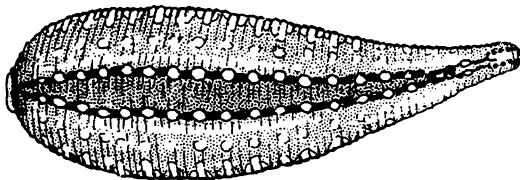
TABELLE 4: Indikatorformen für die makroskopisch-biologische Wassergütebeurteilung (Abb. aus: Baur, 1980 u. Meyer, 1990)
(Beispiele häufig vorkommender Formen der versch. Gruppen, alphabet. geordnet)

ASSELN/Krebstiere

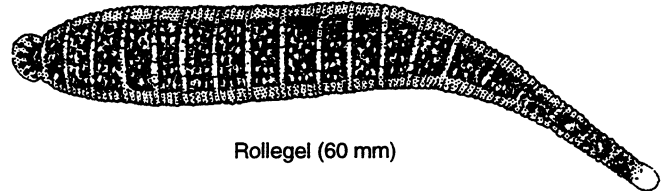
Wasserassel (15 mm)



EGEL/Ringelwürmer

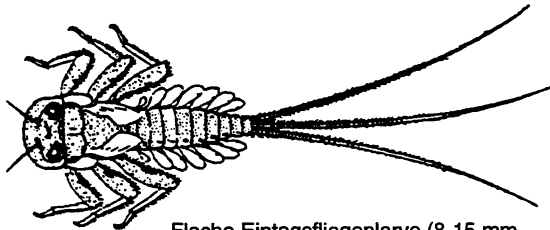


Großer Schneckenegel (30 mm)

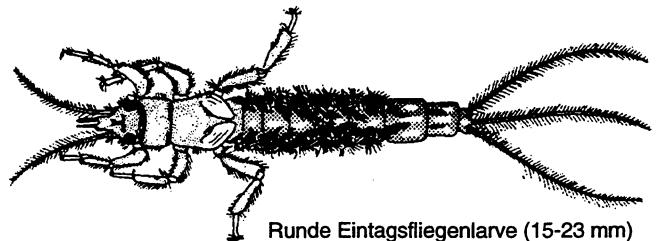


Rollegel (60 mm)

EINTAGSFLIEGEN-LARVEN/Insekten



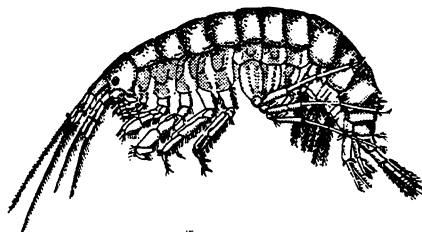
Flache Eintagsfliegenlarve (8-15 mm)



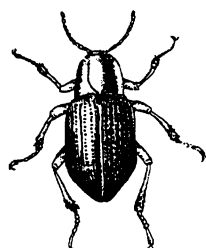
Runde Eintagsfliegenlarve (15-23 mm)

FLOHKEBSE/Krebstiere

Bachflohkrebs (15-20 mm)



KÄFER-LARVEN/Insekten (*hier: kein eigentlicher Indikator, sondern nur für die Formenzahl wichtig (Xylander)*)



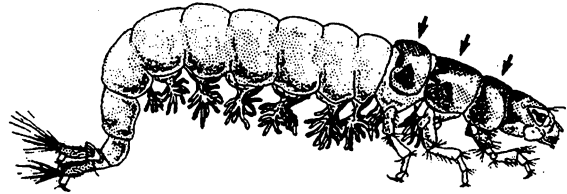
Hakenkäfer und ihre Larve



KÖCHERFLIEGENLARVEN/Insekten

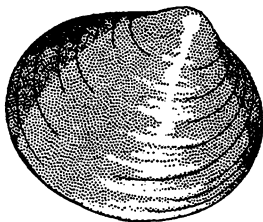


Köcherfliegenlarven mit Köcher (10-20 mm)



Köcherfliegenlarven ohne Köcher (10-20 mm)

MUSCHELN/Weichtiere

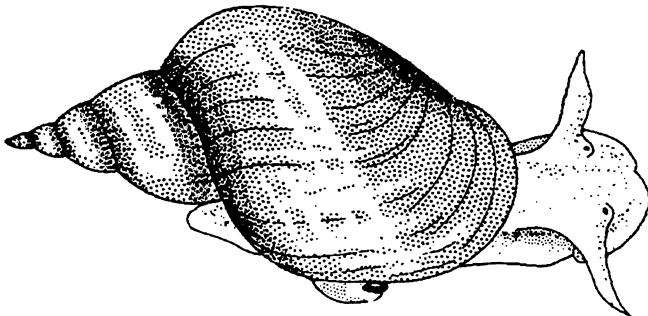


Erbsenmuschel (10 mm)

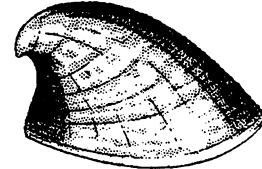


Kugelmuschel

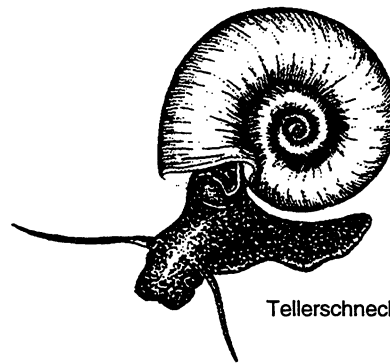
SCHNECKEN/Weichtiere



Spitzschlamm Schnecke (50-60 mm)

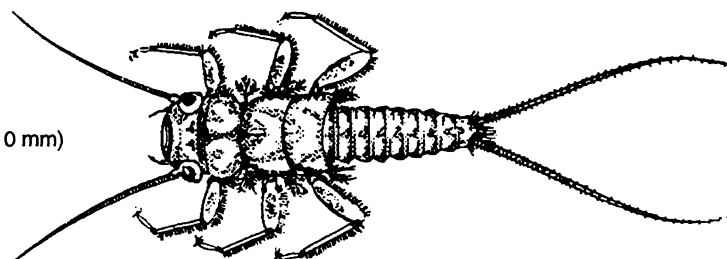


Flußnapfschnecke (5-6 mm)



Tellerschnecke (10 mm)

STEINFLIEGENLARVEN/Insekten



Steinfliegenlarve (7-10 mm)

STRUDELWÜRMER/Plattwürmer

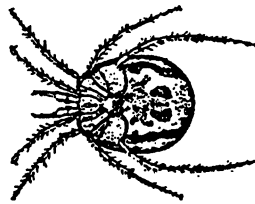


Grauer Strudelwurm (25 mm)

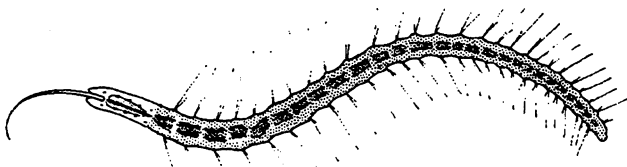


Weißer Strudelwurm

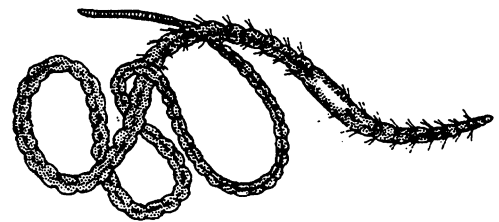
MILBEN/Spinnenartige (*hier: kein eigentlicher Indikator, sondern nur für die Formenzahl wichtig*(Xylander))



WENIGBORSTER/Ringelwürmer

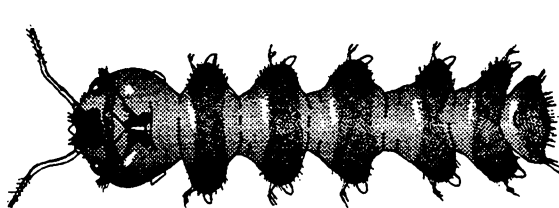


Teichschlange (20 mm)



Schlammröhrenwurm (80 mm)

ZWEIFLÜGLERLARVEN/Insekten



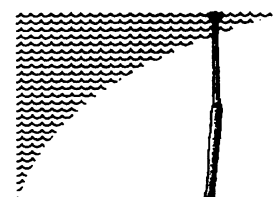
Larve der Lidmücke (10 mm) und Puppe der Lidmücke (6-8 mm)



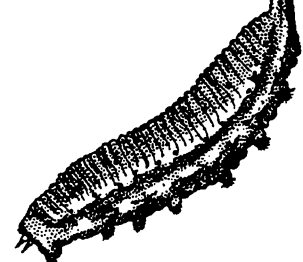
Waffenfliegenlarve (40-50 mm)



Rote Zuckmückenlarve (10-20 mm)



Rattenschwanzlarve (60 mm)



6.3 Untersuchungsmethode nach Xylander/ Nagl-schmid

6.3.1 Beschreibung des Verfahrens

1. Fang/Erfassung der Organismen

Am Untersuchungsort werden alle vorhandenen Substrate (freies Wasser, Steine, Pflanzen, Äste im Wasser, Boden) in ihren jeweiligen Anteilen am Gesamtsubstrat untersucht, und zwar durch:

- Keschern im freien Wasser und in den Pflanzenbeständen mit einem engmaschigen Drahtsieb - Aussieben der Tiere des Bodengrundes und des Bodenschlammes,
- Aufheben und Umdrehen der Steine am Boden und im Uferbereich, Aufnahme der Organismen mit Pinzette oder Pinsel,
- Absammeln eingeschwemmter Materialien (Äste und Laub)
- Absammeln der Wasserpflanzen

Die Tiere werden in einem Eimer oder in großen hellen oder durchsichtigen Plastikschaalen gesammelt.

2. Fangzeit/Probenstelle

Ca. 30 Minuten für alle Substratbereiche zusammen.

3. Bestimmung

Die Tiere werden mit Hilfe von Pinsel oder Federstahlpinzette in ein Lupenglas oder auf einen flachen weißen Deckel (Plastikdeckel mit geringer Randhöhe) gebracht.

Zur Bestimmung dient zusätzlich eine Lupe.

Der Bestimmungsschlüssel nach Wassmann/Xylander (6.3.2.) kann für Ungeübte eine Hilfe sein, ebenso wie z.B. der Kosmos-Führer (Streble, H., 1982)

4. Sammeln

Nach der Bestimmung werden die Tiere in Extragläsern separat gesammelt (für eine eventuelle Nachuntersuchung vor Ort oder in der Schule).

5. Auswertung

Sie erfolgt mit dem Auswertungsbogen (6.3.3.).

Die chronologische Auflistung der Tiergruppen von der Steinfliegenlarve bis zum Schlammröhrenwurm erfolgt mit zunehmendem Saprobiewert *).

- Die *aufgefundenen Tiergruppen* werden in der Spalte 1 angekreuzt,
- Die *Anzahl der unterscheidbaren Formen innerhalb der Tiergruppen* werden in Spalte 2 eingetragen,
- In den dick umrandeten Kasten wird die *Gesamtformenzahl* nach Addition aller unterscheidbarer Formen eingetragen,
- Die *Bestimmung der Entscheidungsklasse* erfolgt durch die Formenzahl der obersten Tiergruppe (geringster Saprobiewert, oberstes Kreuz in Spalte 1),
- Die *Gütebestimmung* wird mit dem unteren Teil der Tabelle abgeschlossen:

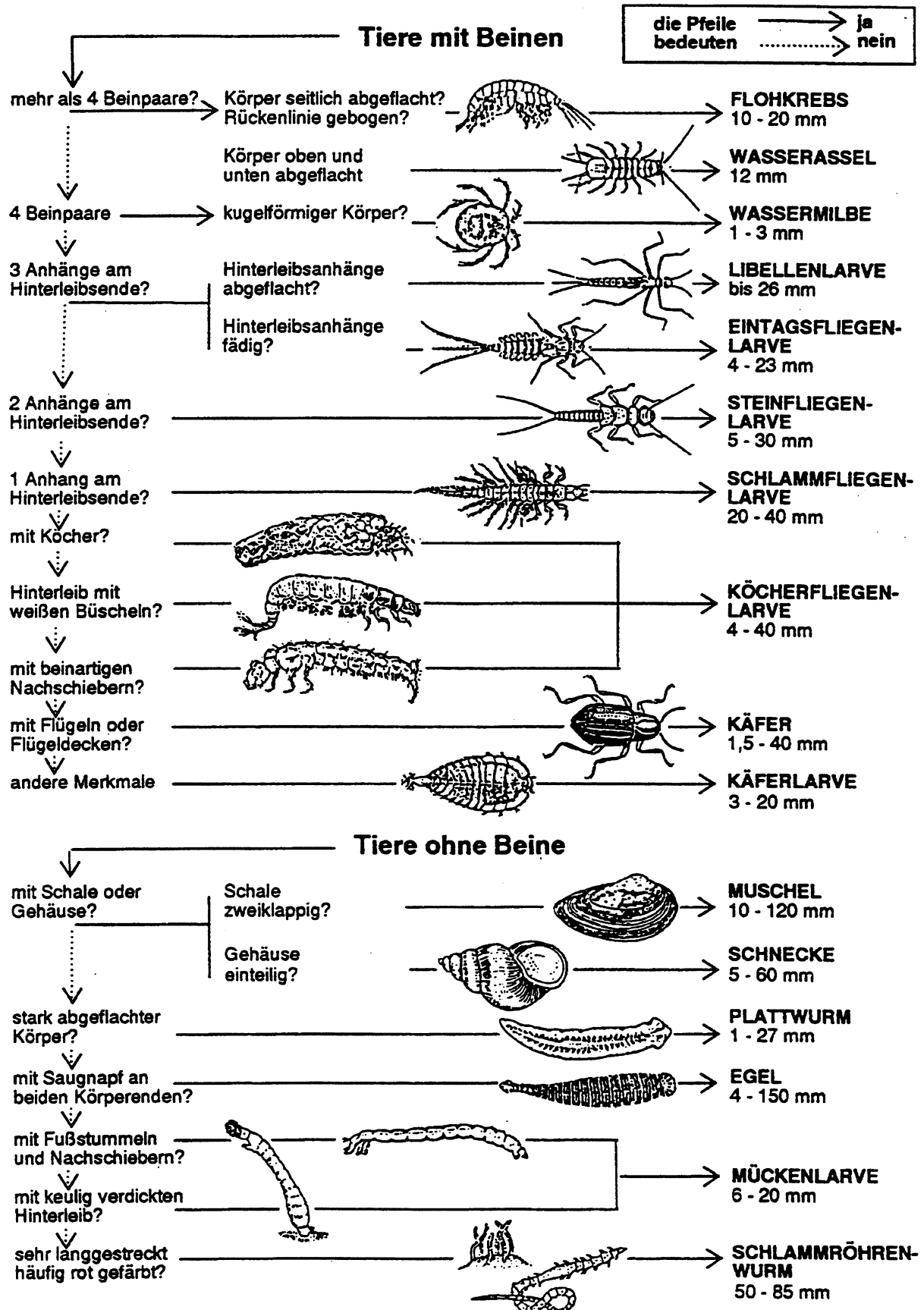
In der gefundenen Entscheidungsklasse bestimmt die gefundene Gesamtformenzahl die jeweilige Gewässergüte.

6. Zurücksetzen der Tiere

Spätestens nach der Auswertung sollten die Tiere wieder ins Biotop zurückgebracht werden.

**Saprobiewert: Bei der Benotung der Indikatororganismen soll nach der Diktion der LAWA (= Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, DIN 38 410) nicht mehr der Begriff Saprobienindex, sondern der Ausdruck Saprobiewert benutzt werden. Demgegenüber versteht man unter Saprobienindex den Wert, der die Gewässergüteklasse bestimmt (Gesamtsumme: Gesamthäufigkeit = Saprobienindex).*

6.3.2 BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL FÜR MAKROSKOPISCHE TIERGRUPPEN IN GEWÄSSERN nach Wassmann/Xylander (aus Prigge, 1994)



6.3.3 BESTIMMUNGSTABELLE ZUR AUSWERTUNG DER GEFUNDENEN TIERGRUPPEN
(Xylander/Naglschmid-Methode)

Tiergruppe	gefundene Tiergruppe	Unterscheidbare Formenzahl	Auswertung	
	1	2	Formenzahl 3	Entscheidungsklasse 4
Steinfliegenlarve			2 oder mehr 1	A B
Eintagsfliegenlarve			3 oder mehr 2 (s. Köcherfl.) 1	B C entfällt
Köcherfliegenlarve			4 oder mehr 1-3	B C
Flohkrebs			2 oder mehr 1	C entfällt
Schlammfliegenlarve				D
Wasserassel				D
Egel				D
Schlammröhrenwurm				E
Muschel			Ohne Einfluß auf die Entscheidungsklasse	
Schnecke				
Plattwurm				
Mückenlarve				
Wassermilbe				
Käfer oder Käferlarven				
Gesamtformenzahl (GFZ):			Entscheidungs- klasse	

Entschei- dungsklasse	Gesamtfor- menzahl	0 - 1	2 - 8	9 - 15	16 oder mehr
A		–	II	I - II	I
B		III	II - III	II	I - II
C		III - IV	III	II - III	II
D		IV	III - IV	III	II - III
E		IV	IV	III - IV	III

6.4 Untersuchungsmethode nach D. Meyer

Vorbemerkung:

Zwar sieht Meyer seine hier angewandte Methode nur für den „anfangenden Untersucher“ als geeignet an, aber im Vergleich zum Untersuchungsverfahren nach Xylander/Nagelschmid ist sie relativ anspruchsvoll.

Die Definition der Indikatorform als Art (in der Regel) und die Komplexität der Bestimmungsmethode stellen nach meinen Erfahrungen bereits ein Anspruchsoptimum für die unterrichtliche Arbeit (auch in der Sekundarstufe II) dar.

Das Verfahren vereint Elemente der klassischen biologischen Untersuchungsmethode mit den charakteristischen Merkmalen des akribischen Identifizierens und Vergleichens mit ökologischen Aspekten im Über-Kreuz-Vergleich. Dieses „puzzleähnliche“ Ausschlußverfahren weist die spielerischen Elemente auf, die nicht nur für „Tüftler“, sondern für einen Großteil der Schüler nach einem gelungenen Einstieg sehr reizvoll ist. Die Gewißheit, bei richtiger Anwendung auch verlässliche Ergebnisse (im Sinne der LAWA-Gütebestimmungsbedingungen) zu erzielen, vermag mit Sicherheit die Attraktivität dieser Methode noch zu erhöhen.

Die Charakteristika der geforderten Arbeitsweise: das geduldige Bestimmen, der Vergleich, das Abwägen (mit der sich durch Wiederholungen verändernden Erfahrungskomponente) und schließlich die Entscheidung (mit dem Bewußtsein, unter Umständen auch einen falschen Weg gehen zu können) haben im Zusammenhang mit einer Lernzielorientierung einen sehr hohen Stellenwert. Hier werden grundsätzliche Verfahrensweisen „trainiert“, die zur Bewältigung zukünftiger komplizierter Aufgabenstellungen unerlässlich sind.

6.4.1 Beschreibung des Verfahrens

1. Fang/Erfassung

Eine repräsentative Untersuchung muß an einer für den zu bewertenden Gewässerabschnitt typischen Stelle vorgenommen werden (DIN 1990).

Es werden für jede Untersuchung von 10 handgroßen Steinen die Tiere abgelesen (ersatzweise: von eingeschwemmten Ästen, Baumrinde etc.; jeweils mit Pinsel/Pinzette), es wird zudem 5 mal intensiv mit dem Haushaltssieb durch vorhandene Pflanzenbestände (z.B. Wasserpest; ersatzweise: eingeschwemmtes Laub) gekeschert sowie 5 mal der Bodengrund bzw der Schlamm durchsiebt. Sollten von den genannten Substraten nicht alle vorhanden sein, so werden – entsprechend der

Relation zueinander- die jeweiligen anderen charakteristischen Kleinbiotope intensiver untersucht. Es ist darauf zu achten, daß nur „ortsfeste bzw. substratgebundene Organismen“ aufgelesen werden.

2. Fangzeit: ca. 10 Minuten pro Probenstelle

3. Bestimmung

Die Tiere werden mit Hilfe von Pinsel oder Pinzette in ein Lupenglas oder auf einen flachen weißen Deckel (Plastikdeckel mit geringer Randhöhe) gebracht. Zur Bestimmung dient zusätzlich eine Lupe.

Zur Bestimmung dienen:

- die Liste der 10 unterschiedlichen Tierformen mit insgesamt 46 Organismen,
- die Beschreibungen und Bestimmungslisten der einzelnen Indikatoren (aus Meyer, verändert) sowie
- zusätzliche Bestimmungsliteratur (u.a. Engelhardt, W., 1985).

4. Sammeln

Nach der Bestimmung werden die Tiere in Extragläsern separat gesammelt (für eine eventuelle Nachuntersuchung vor Ort oder in der Schule)

5. Auswertung

Jeder Indikator hat einen bestimmten Saprobienwert, der der Liste zu entnehmen ist. Der **Häufigkeitswert** dieses Indikators wird aus der Anzahl der Einzelindividuen abgeleitet (gezählt oder geschätzt). Zur Ermittlung der Häufigkeitswerte benutze man die Tabelle 5.

TABELLE 5: Bestimmung der Häufigkeitswerte

Häufigkeitswerte (Abundanz + Abundanz)	Anzahl der Individuen im untersuchten Biotop
1 = Einzelfund	nicht mehr als 2 Tiere
2 = wenig	3-10 Tiere
3 = wenig bis mittel	11-30 Tiere
4 = mittel	31-60 Tiere
5 = mittel bis viel	61-100 Tiere
6 = viel	101-150 Tiere
7 = massenhaft	über 150 Tiere

Nach der Bestimmung des *Häufigkeitswertes* wird dieser mit dem entsprechenden *Saprobiewert des Bio-Indikators* multipliziert. Das Ergebnis ist die *Einzelsumme*.

Die *Addition aller Einzelsummen der gefundenen Bio-Indikatoren* ergibt die *Gesamtsumme*. Die *Häufigkeitswerte* werden ebenfalls zur *Gesamthäufigkeit* addiert.

Die *Division der Gesamtsumme aus den Einzelsummen durch die Gesamthäufigkeit* ergibt schließlich den **Saprobienindex für das untersuchte Gewässer**. Aus der Tabelle 6 ist der zugehörige Güteklasse-Wert direkt abzulesen.

Die erzielten Untersuchungsergebnisse werden mit Hilfe eines **Erfassungs- und Auswertungsbo-gens** protokolliert und in einem Ordner gesammelt bzw. in der Schule mit einem geeigneten Computer-Programm berechnet und gespeichert. Die Möglichkeiten der langfristigen Aufzeichnung der Veränderungen in den verschiedenen Abschnitten eines Fließgewässers und die faszinierenden Aspekte der graphischen Dokumentation können als Kontinuum über Schülerjahrgänge hinweg eine enge Bindung der Schule an schulnahe Fließgewässer bewirken (Bachpatenschaften).

6. Zurücksetzen der Tiere

Nach der Bestimmung werden die Tiere in Extragläsern separat gesammelt (Nachuntersuchung/Auswertung). Nach der Auswertung müssen die Tiere wieder ins Entnahmegewässer zurückgesetzt werden.

TABELLE 6:

Zuordnung von Saprobienindex und Güteklasse

Güteklasse	Saprobienindex
I	1,0 - < 1,5
I - II	1,5 - < 1,8
II	1,8 - < 2,3
II - III	2,3 - < 2,7
III	2,7 - < 3,2
III - IV	3,2 - < 3,5
IV	3,5 - < 4,0



6.4.2 Erfassungs- und Auswertungsbogen
für die makroskopisch-biologische Fließgewässeruntersuchung nach Meyer
– Blatt 1–

Gewässername:

Beschreibung der Meßstelle (Name/topographische Lage/Entfernung von der Mündung, Flußkilometer/Höhenlage in m über NN):

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Zeitpunkt der Untersuchung (Datum/Uhrzeit):

Wetter:

Wassertemperatur: °C

Strömung/Turbulenz:

Substratverhältnisse am Ufer und an der Sohle:

.....

.....

Charakterisierung der Uferzone:

.....

.....

Charakterisierung des Gewässers (Trübung/Färbung/Geruch):

.....

.....

Weitere Bemerkungen:

.....

.....

.....

.....

Untersucher/Untersucherguppe:

Erfassungs- und Auswertungsbogen
für die makroskopisch-biologische Fließgewässeruntersuchung nach Meyer
– Blatt 2 –

EINZELSAPROBIEWERT (ESW), ANZAHL (Z), HÄUFIGKEITSWERT (HW), EINZELSUMME (ES), GESAMTSUMME (GS), GESAMTHÄUFIGKEIT (GH), GESAMTSAPROBIENINDEX (GSI), GÜTEKLASSE (GK) () = ankreuzen

HÖHERE TAXA	INDIKATORORGANISMEN	(ESW)	()	(Z)	(HW)	(ES)
STRUDELWÜRMER (TURBELLARIA)	Polycelis felina/Crenobia alpina	1,0	()	—	—	—
	Dreieckskopfstr./Dugesia gonocephala	1,5	()	—	—	—
	Sonstige Planarien + Dendrocoelum l., jew.	2,2	()	—	—	—
WENIGBORSTER	Rote Schlammröhrenwürm/Tubifex sp.	3,8	()	—	—	—
EGEL (HIRUDINEA)	Gemeiner Fischegel/Piscicola geometra	2,0	()	—	—	—
	alle Plattegel/Fam. Glossiphoniidae	2,5	()	—	—	—
	Rollegel/Erpobdella octoculata	3,0	()	—	—	—
SCHNECKEN (GASTROPODA)	Flußnapf-o. Mützenschnecke/Ancylus fluv.	1,8	()	—	—	—
	Große Spritzschlammchn./Lymnaea stagn.	1,9	()	—	—	—
	Posthornschnecke/Planorbis cornutus	2,0	()	—	—	—
	Langföhl. Schnauzenschnecke/Bithynia tent.	2,3	()	—	—	—
	alle übrigen Schlammchn./Lymnaeidae	2,5	()	—	—	—
MUSCHELN (BIVALVIA)	Erbsenmuscheln/Pisidium sp.	1,8	()	—	—	—
	Flußmuscheln/Fam. Unionidae	2,0	()	—	—	—
	Wandermuschel/Dreissena polymorpha	2,2	()	—	—	—
	Kugelmuscheln/Sphaerium sp.	2,5	()	—	—	—
FLOHKREBSE (AMPHIPODA)	Bachflohkrebs/Gammarus fossarum	1,3	()	—	—	—
	Flohkrebs/Gammarus (fossarum)pulex bei	1,6	()	—	—	—
	a) überwiegender Lebensgem. der GKL <1,6	2,0	()	—	—	—
	b) in den übrigen Lebensgem. (außer: G. roeseli)	2,3	()	—	—	—
ASSELN (ISOPODA)	Flußflohkrebs mit Rückenbedornung (G. roeseli)					
	Wasserassel/Asellus aquaticus	3,0	()	—	—	—
EINTAGSFLIEGEN-LARVEN (EMPHEMEROPTERA)	Flache Larven, ohne Eigenbewegung der Kiemenblätter					
	a) mit 2 Schwanzfäd./Epeorus sp.	1,0	()	—	—	—
	b) mit 3 " /Rhyothrogena sp.	1,0	()	—	—	—
	Flache Larven mit Eigenbewegung der Kiemenblätter und 3 Schwanzfäden/Ecdyonurus sp.	1,5	()	—	—	—
	Gedrungene Larven, starke Behaarung und schlammbedeckt/Ephemerella major	1,6	()	—	—	—
	Runde Larven mit 7 Paar „bäumchenartigen“, nicht „blattartigen“ Kiemen/Habrophlebia sp.	1,6	()	—	—	—
	Grabende Larven, 15-23 mm groß, „federartige“ Kiemen auf dem Rücken/Ephemera sp.	1,7	()	—	—	—
	Runde Larven, 5-9,5 mm groß mit 7 Paar „eiförmigen“ Kiemenblättern, z.T. doppelt, mittl. Schwanzfaden kürzer	2,0	()	—	—	—
	Restliche Larven nur als Entscheidungshilfe für Gkl II zur Grenzwertentscheidung zwischen II + II-III	2,0	()	—	—	—
ZWISCHENSUMMEN: HW /ES:.....						

Erfassungs- und Auswertungsbogen für die makroskopisch-biologische Fließgewässeruntersuchung nach Meyer – Blatt 3 –

EINZELSAPROBIEWERT (ESW), ANZAHL (Z), HÄUFIGKEITSWERT(HW), EINZELSUMME (ES), GESAMTSUMME (GS), GESAMTHÄUFIGKEIT(GH), GESAMTSAPROBIENINDEX (GSI), GÜTEKLASSE (GK)
() = ankreuzen

HÖHERE TAXA	INDIKATORORGANISMEN	ESW	()	Z	HW	ES
STEIN- FLIEGEN- LARVEN (PLECOP- TERA)	Große Larven >16 mm (ohne Schw.fä.) lebhaft-bunt gefärbt, Kiemen im Brustbereich/Fam. Perlidae	1,3	()	—	—	—
	Große Larven >16mm (ohne Schw.fäden), ohne Kiemen, Fam. Perlodidae	1,3	()	—	—	—
	Kleinere Larven >16 mm (ohne Schw.fäden), meist 12 mm, nur eine Art feststellbar/Leuctra sp.	1,5	()	—	—	—
	Kleinere Larven >16 mm (o.Schw.fäden),versch. Arten	1,4	()	—	—	—
	Kleine Larven <12 mm (o. Schw.fäden gerechn.), mit eiförm.Randlinien der Flügelscheiden/Chloroperla	1,0	()	—	—	—
	Kleine Larven <12 mm (o. Schw.fäd.), gedrungene Form, einförmig braun, mit 6 „schlauchförmigen“ Halskiemen /Protonemura sp.	1,0	()	—	—	—
KÖCHER- FLIEGEN LARVEN (TRICHOP- TERA)	Larven in Gehäusen wie „Steinhäufchen“, <10 mm groß /Agapetus sp.	1,0	()	—	—	—
	Larven in gebogenen, dünnwandigen und glatten Sandgehäusen, nicht >15 mm lange Köcher/Sericostoma sp.	1,2	()	—	—	—
	Larven in röhrenförmigen Sandköchern mit seitlichen Belastungssteinen, die					
	a. etwa so breit wie Köcher)/ Silo sp.	1,2	()	—	—	—
	b. die entweder schmaler oder breiter als die Köcher sind /Lithax und Goera	1,5	()	—	—	—
	jeweils					
	Larven ohne Gehäuse, höchstens Wohngespinnste ohne Kiemen am Hinterleib nur im Bachbiotop/Plectocnemia	1,2	()	—	—	—
	Larven ohne Gehäuse, mit Kiemen am Hinterleib, a. jedoch nur 1. Brustsegment oben chitiniert/ Rhyacophila	1,4	()	—	—	—
ZWEI- FLÜGLER (DIPTERA)	b. alle 3 Brustsegmente oben chitiniert/ Hydropsyche	2,0	()	—	—	—
	Restliche Köcherfliegenlarven mit Gehäuse	2,0	()	—	—	—
	Waffenfliegenlarven/Stratiomys sp	3,0	()	—	—	—
	Rote Zuckmückenlarven/Chironomus sp.	3,6	()	—	—	—
	Rattenschwanzlarven/Eristalis sp.	3,8	()	—	—	—
GESAMTSUMME: HW..../ES:.....						

AUSWERTUNG

$$\frac{\text{GESAMTSUMME DER EINZELSUMMEN}}{\text{GESAMTHÄUFIGKEIT}} = \text{SAPROBIENINDEX}$$

Vom Saprobienindex ist direkt auf die Güteklasse zu schließen (Tabelle 6)

Beispiel: GESAMTSUMME: 48,5
GESAMTHÄUFIGKEIT: 14 \Rightarrow SAPROBIENINDEX: $48,5 : 14 = 3,46$
 \Rightarrow GÜTEKLASSE III - IV

6.4.3 BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 1: STRUDELWÜRMER/TURBELLARIA

Für die Bestimmung von Bedeutung ist nur die Gruppe der Tricladida (generalisiert: Planarien). Sie sind Indikatoren für die Güteklassen von I bis II.

Beschreibung:

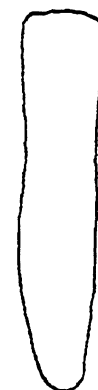
Körper langgestreckt, hinten zugespitzt, flach vorne Kopfteil erkennbar, Augen in Viel- oder Zweizahl; Bauchseite liegt ganz auf Unterlage, Farbe: dunkel (grau, braun, schwarz)

Fortbewegung:

gleichmäßige, ruhige Bewegung, wobei die ganze Unterseite auf dem Untergrund gleitet. (Egel dagegen: spannerartig, durch abwechselndes Lösen von Vorder- bzw. Hinter-saugnapf).

Planarien drehen sich korkenzieherartig um, wenn sie beim Bestimmen auf dem Rücken zum Liegen kommen.

Vorkommen: an lichtabgewandten Stellen: unter Steinen, Ästen, Blättern. Zu erkennen meist als kleine, „leblose“, gallertartige Klümpchen, die sich bei Berührung bewegen.



Planarien-
"Prototyp"

Vielaugen-Strudelwurm/Polycelis felina

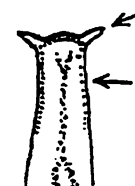
Bestimmungsmerkmale:

18 mm groß; unterschiedlich gefärbt; pfriemenförmige Tentakel an den Ecken des Stirnrandes; am Stirn- und Halsrand viele Randaugen.

Vorkommen:

in Quellen und Bächen mit gleichbleibend niedrigen Temperaturen.

Saprobiewert: 1,0



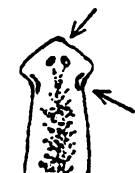
Dreieckskopf-Strudelwurm/Dugesia gonocephala

Bestimmungsmerkmale:

bis 25 mm groß; bräunlich oder dunkel; dreieckiger, fast pfeilspitzenähnlicher Kopf mit seitlichen beweglichen „Öhrchen“

Vorkommen: im Mittellauf reiner fließender Gewässer (im Gebirge wie in der Ebene).

Saprobiewert: 1,5



Übrige Strudelwürmer

Mit Ausnahme des Alpenstrudelwurms/Crenobia alpina (bis 16 mm), der in kalten klaren Gebirgsbächen vorkommt (ESW: 1,0), zeigen die restlichen Planarien größere Toleranz gegenüber Belastungen (→ bei hohem Salzgehalt: Dendrocoelum l. und Planaria t./→ bei stärkerer organischer Belastung: Dugesia l. und Polycelis n.).



Bestimmungsmerkmale:

Polycelis nigra: bis 12 mm Länge;



Planaria torva: bis 20 mm Länge;



Dugesia lugubris: bis 20 mm Länge;



Dendrocoelum lacteum (Milchweißer Strudelwurm: bis 26 mm Länge,

Saprobiewert: alle 2,2



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 2: WENIGBORSTER/OLIGOCHAETA

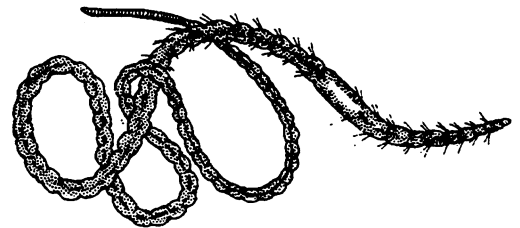
Beschreibung:

Würmer mit langgestreckten Körpern und meist rundem Querschnitt, ohne Fußstummel.

Rote Schlammröhrenwürmer, *Tubificidae* (hier: *Tubifex tubifex*)

Vorkommen:

in meist großen Kolonien im Schlamm und Sandboden verschmutzter Still- und Fließgewässer; häufig mit anderen „Roten Schlammröhrenwürmern“ vergesellschaftet; *Tubifex* steckt in mit Schleim ausgekleideten senkrechten Röhren mit dem Vorderende im Schlamm und nutzt beim Fressen dieses Schlammes die reichlich vorhandenen organischen Bestandteile, das Hintere schaut heraus und vollführt dabei pendelnde Bewegungen zur Unterstützung der Sauerstoffaufnahme im meist extrem sauerstoffarmen Milieu. Es können einige Hunderttausend *Tubificiden* pro Quadratmeter vorhanden sein (→ rötlicher Schimmer der Schlammoberfläche). Diese ziehen sich jedoch bei Erschütterungen augenblicklich in ihre Röhren zurück.



Bestimmungsmerkmale: Länge ca. 85 mm, Durchmesser ca. 1 mm; rötliche Färbung (durchscheinendes Rücken-Blutgefäß); mit Haaborsten.

Saprobiewert: 3,8

Anmerkungen zum Saprobiewert:

Durch die Vergesellschaftung mit anderen Roten Schlammwürmern sind Verwechselungen durchaus möglich:

- Verwechselungen mit *Limnodrilus hoffmeisteri* sind unerheblich, da beiden etwa der gleiche Saprobiewert zukommt.
- Verwechselungen mit *Stylodrilus heringianus* sind problematisch, da dieser in völlig anderen Lebensgemeinschaften (Güteklasse I-II) vorkommt. Eine feldmethodische Unterscheidung ist nicht möglich.

Empfehlung:

- Rote Schlammröhrenwürmer dienen dann nicht zur Bestimmung, wenn die anderen Indikatoren weitgehend den Güteklassen I- II angehören!
- Rote Schlammröhrenwürmer werden zur Bestimmung mit dem Saprobiewert 3,8 herangezogen, wenn Rote Zuckmückenlarven, Wasserassel, Rollegel u.a. ebenfalls nachweisbar sind, selbst wenn gleich viel Indikatoren mit einem Saprobiewert von 2,0 und besser vorhanden sind. Das ist gerade im letzten Fall von großer Bedeutung, da in einem Biotop mit unterschiedlichen Sauerstoffbedingungen sonst der durchschnittliche Gütewert verfälscht werden würde.

BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 3: EGEL/HIRUDINEA

Beschreibung: Egel haben Saugnäpfe.

Die Umrisse der Körperzeichnungen verdeutlichen bereits auf dem ersten Blick die Unterschiede zwischen Fisch-, Platt- und Rollegel.

weitere Merkmale:

→ Plattegel strecken weder in Ruhestellung, noch bei Such- oder Gehbewegungen ihren Hinterleib *ganz* aus. Dieser ist also runder als bei den anderen Egeln.

→ Plattegel rollen sich bei Schreckbewegungen kugelartig zusammen (dagegen liegen die Rollegel in vergleichbarer Situation nur ein wenig eingerollt auf dem Boden)

→ Rollegel und Fischegel strecken sich beide völlig länglich aus.

→ Fischegel mit vorderem und hinterem Saugnapf als „Platte“.

Vorkommen: seichte, pflanzenreiche Gewässer; meist unter Steinen, in Astritzen oder zwischen Blättern von Wasserpflanzen, ohne besonders hohen Sauerstoffanspruch.

Gemeiner Fischegel/*Piscicola geometra*

Vorkommen: Fließ- und Stillgewässer; auf Wasserpflanzen

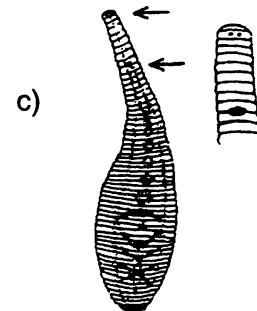
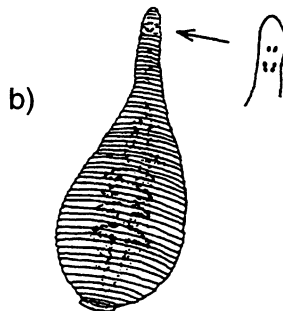
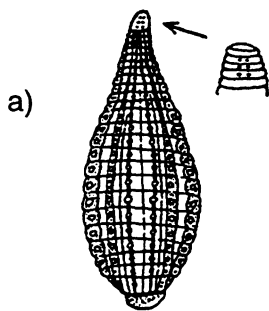
Bestimmungsmerkmale: Länge bis zu 10 cm; sehr schlank; drehrund; grünlich-braun gescheckt; hintere Haftscheibe auffällig gezeichnet, Mundscheibe mit 4 kreisförmig angeordneten Augen.

Saprobiewert: 2,0



Plattegel/Fam. Glossiphoniidae

Der Große Schneckenegel (a) wird bis zu 30 mm lang, der Kleine Schneckenegel (b) und der Zweiäugige Plattegel (c) jeweils bis ca. 10 mm. **Bestimmungsmerkmale:** u. a. Augenstellung, s. Skizzen.



Saprobiewert (gemeinsam für alle): 2,5

Rollegel/*Erpobdella octoculata*

Vorkommen: in verschmutzten Gewässern (u.a. Hafenwasser); kann vorübergehend anaerob leben

Bestimmungsmerkmale:

bis 60 mm lang; meist braun mit helleren Flecken; rollt sich häufig zusammen; schwimmt sehr gut; charakteristische Anordnung der Augen (s. Skizze).

Saprobiewert: 3,0



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 4/1: SCHNECKEN/GASTROPODA

Vorkommen:

Schnecken kommen in beiden mesosaprobien Zonen vor. Sie stellen nur geringe Ansprüche an den Sauerstoffgehalt des Wassers. Pflanzen als Nahrungsgrundlage und eine optimale Wasserbewegung sind die entscheidenden Faktoren für das jeweilige Präferendum. Schnecken mit großflächigem Gehäuse (Schlamm- und Tellerschnecken) sind kaum in strömungsreichen Biotopen, während Formen mit „stromlinienförmigen“ Zuschnitt in Strömungszonen vorkommen (Flußnapfschnecke). In Stillwasserbereichen mit einem ausgeprägten Pflanzenwachstum findet man eine Reihe von Arten, die für verschiedene Belastungsstufen stehen.

Hinweis:

Unterschied zwischen Land- und Wasserschnecken: Wasserschnecken mit Augen am Grunde des einen Fühlerpaares, Landschnecken mit zwei Paar Fühlern und Augen auf dem großen Fühlerpaar (sollte mal eine Landschnecke „baden gegangen“ sein).

Vorkommen:

auf Pflanzenstengeln und -blättern sowie auf Pfählen und Steinen.

Flußnapfschnecke (Mützenschnecke)/*Ancylus fluviatilis*

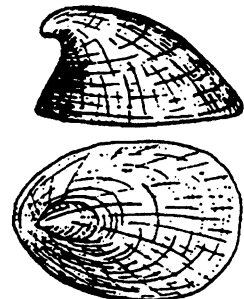
Bestimmungsmerkmale:

Länge 4-9 mm, Breite 3-7 mm, Höhe 2-5 mm; Gehäuse spitz haubenförmig; Mündung eiförmig.

Vorkommen:

meist in schwach verunreinigten strömenden Gewässern.

Saprobiewert: 1,8



Anmerkungen zum Saprobiewert:

Die Flüßnapfschnecke ist wegen ihrer zurückgebildeten Lungenhöhle weitgehend auf Hautatmung und somit auf sauerstoffreiches Wasser angewiesen. Wenn in stark strömendem Wasser die Verunreinigungen nicht zu groß sind (Toleranz sogar bis Gütestufe II-III), ist der Sauerstoffgehalt in der Regel noch ausreichend. Der Saprobienindex von Meyer stellt hier einen Kompromißwert dar.

Große Spritzschlamm Schnecke/*Lymnaea stagnalis*

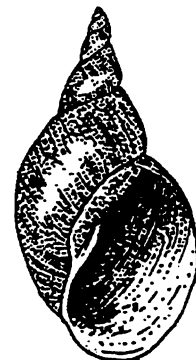
Bestimmungsmerkmale:

Länge 40-60 mm, Breite 20-30 mm; hornfarbiges Gehäuse mit langausgezogenem spitzen Gewinde (fast so hoch wie die Mündung), Gehäuse mit 7-7,5 Umgänge, letzter Umgang bauchig aufgetrieben.

Vorkommen:

meist in leicht verunreinigten Gewässern.

Saprobiewert: 1,9



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 4/2: SCHNECKEN/GASTROPODA

Posthornschncke (Große, dicke Tellerschncke)/*Planorbarius corneus*

Bestimmungsmerkmale:

scheibenförmiges, festwandiges Gehäuse:

Gehäusedurchmesser 27-30 mm, Höhe 10-14 mm;

5,5 (drehrunde) Umgänge, die schnell zunehmen;

oliv bis braun gefärbt.

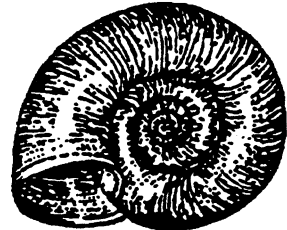
Verwechslungen nicht möglich.

Vorkommen:

in Norddeutschland häufig, in Süddeutschland zerstreut;

in langsam fließenden Gewässern mit reichlichem Pflanzenbestand,
z.T. auch in Stillgewässern.

Saprobiewert: 2,0



Langfühlerige Schnauzenschncke/*Bithynia tentaculata*

Bestimmungsmerkmale:

spitzkonisch-eiförmiges Gehäuse:

Höhe: 10 - 12 mm, Breite: 6-7 mm,

5 - 5,5 Umgänge mit deutlicher Trennnaht;

Mündung spitzoval und Deckel mit fast konzentrischen Kern.

Verwechselungen nur mit Bithynia leachi möglich: diese hat jedoch eine kreisförmige Mündung und eine sehr tiefe Naht.

Saprobiewert: 2,3



Alle übrigen Schlammsschnecken/*Lymnaeidae*

z.B. *Lymnaea peregra* f. *ovata* → Skizze

Saprobiewert: 2,5



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 5: MUSCHELN/BIVALVIA

Muscheln kommt eine große Bedeutung bei den Selbstreinigungsprozessen von Gewässern zu. Sie sondieren einen beträchtlichen Teil der Schwebstoffe aus. Dabei wurden Werte von über 40 Liter Wasser gemessen, die eine einzige Muschel in einer Stunde aus dem durch die Kiemen- und Mantelbewimperung erzeugten Wasserstrom herausfiltert. Die gebildeten Exkretstoffe treten durch die obere Mantelöffnung aus und gelangen dann in den Bodenschlamm. Die organischen Bestandteile werden durch Mikroorganismen weiter zersetzt. Muscheln findet man häufig in mesosaprobien Zonen.

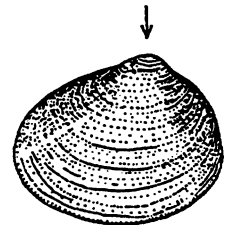
Beschreibung:

Muscheln gehören wie die Schnecken zu den Weichtieren. Sie sind bilateralsymmetrische Tiere. Sie haben keinen Kopf, und ihr Körper wird von zwei Schalenklappen umgeben, die auf dem Rücken durch ein elastisches Ligament zusammengehalten und durch sehr kräftige Schließmuskel geschlossen werden.

Erbsemmuscheln/Pisidium sp./Fam. Sphaeriidae

Bestimmungsmerkmale: sehr klein, d.h. Größe fast immer <10 mm, Schale ungleichseitig, Wirbel dabei nicht mittelständig; Färbung: weiß-gelblich, hornfarben oder braun, Verwechselung mit Sphaerium sp. nicht möglich, da dort Wirbel mittelständig und Arten größer sind.

Saprobiewert: 1,8



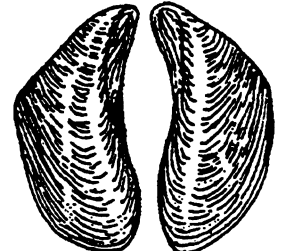
Wandermuschel/Dreissena polymorpha

Bestimmungsmerkmale:

Höhe 15-18 mm, Länge 30-40 mm, Breite 20-25 mm, Schale festwandig, dreikantig, kahnförmig; Färbung gelbgrau mit dunkelbraunen Wellen und Zickzacklinien; spitze, stark hervortretende Wirbel am Vorderende der Schalen.

Verwechselung mit Congeria cochleata (→Brackwasserform): diese ist schlanker und hat keine Zickzackzeichnung.

Saprobiewert: 2,2



Flußmuscheln/Fam. Unionidae

Bestimmungsmerkmale:

alle Arten mit länglichen Schalen: länger als 4 cm (ausgewachsene Tiere)

Verwechselung: wegen der Größe nicht möglich, →Beispielform rechts:

Vorkommen: in Bächen, Flüssen, Seen und Teichen.

Saprobiewert: 2,0



Kugelmuscheln/Fam. Sphaeriidae

Bestimmungsmerkmale:

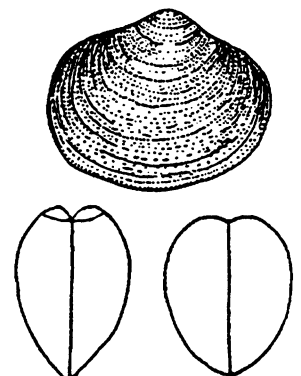
Größe um 20 mm, Wirbel der Schale mittelständig (siehe Pfeil); gelblich oder graubraun

(nicht dazugehörig: Häubchenmuschel/S. lacustre: hier

Wirbel röhrenförmig und andere Seitenansicht: siehe Vergleichsskizze der Seitenansichten →links: Häubchenmuschel)

Vorkommen: stehende und langsam fließ. Gewässer, Schlamm.

Saprobiewert: 2,5



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 6: KREBSTIERE/CRUSTACEA hier: ASSELN/ISOPODA und FLOHKREBSE/AMPHIPODA

Die **Asseln** besiedeln vornehmlich langsam fließende Gewässer. Im Gegensatz zu den **Flohkrebsen** (Gammariden) stellen sie keine hohen Ansprüche an den Sauerstoff- und Kalkgehalt und tolerieren auch höhere Salzgehalte. Die Gammariden sind ganzjährig und zahlreich vorhanden und sind seit den Untersuchungen Meijerings (1982) als gute Bioindikatoren anzusehen.

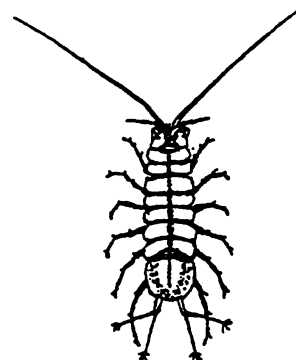
Assel/*Asellus aquaticus*

Bestimmungsmerkmale: Größe: 8-12 mm; schmutzig-braun, helle Flecken, pigmentiert, Augen vorhanden

Vorkommen: meist zwischen Laub und absterbenden Pflanzen.

Verwechslungen mit *A. coxalis* möglich, jedoch im Saprobienwert einkalkuliert.

Saprobiewert: 3,0



Bachflohkrebs/*Gammarus fossarum*

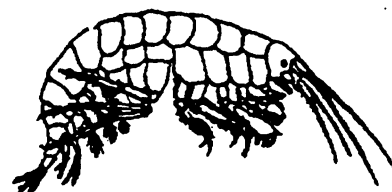
Bestimmungsmerkmale: **Aussehen wie *G. pulex***

(Gemeiner Flohkrebs) → Skizze gilt für beide!

als Merkmal gilt das Vorkommen: *G. fossarum* kommt in Höhenlagen ab +450 m NN allein vor, auch mit *G. pulex*.

Vorkommen: in sauberen, kalten Gebirgsgewässern und in klaren Bächen der Ebene.

Saprobiewert: 1,3



Gemeiner Flohkrebs/*Gammarus pulex*

Bestimmungsmerkmale: Größe: bis 20 mm; Farbe: hellbraun bis grau;

Bewegung: seitlich vorwärts.

Saprobiewert: bei Vorkommen in Lebensgemeinschaften mit E.S.W. von bis zu 1,5: 1,6
bei allen anderen Lebensgemeinschaften mit höherem E.S.W.: 2,0

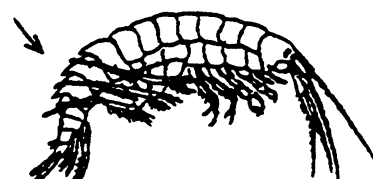
Anmerkung zum Saprobiewert: Unter NN +450 kommen beide Gammariden-Arten (*G. fossarum* und *G. pulex*) vor. *G. pulex* kommt unter NN+ 100 meist allein vor. In Lebensgemeinschaften mit E.S.W.-Werten bis 1,5 ist davon auszugehen, daß beide Gammarus-Arten vorkommen, so daß hier differenziert werden sollte. Verwechslungen: mit *G. roeseli* möglich, jedoch bei Beachtung der Rückenbedornung (→ siehe *G. roeseli*-Skizze) auszuschließen; mit *G. tigrinus* weniger wahrscheinlich, da er eine „Tigerfärbung“ aufweist. *G. tigrinus* toleriert auch weitaus höhere Salzgehalte, da eingebürgerte Brackwasserform.

Flußflohkrebs/*Gammarus roeseli*

Bestimmungsmerkmale: gekielte Segmente auf hinterem Rückenbereich (→ siehe Skizze). Farbe: meist olivgrün.

Vorkommen: in stehenden und langsam fließenden Gewässern, toleriert Sauerstoff-Minimum von 4 mg/l.

Saprobiewert: 2,3



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 7/1: EINTAGSFLIEGENLARVEN/EPHEMEROPTERA

Eintagsfliegenlarven werden häufig mit Steinfliegen- oder Libellenlarven verwechselt. Die Unterschiede sind an den Hinterleibern erkenntlich:

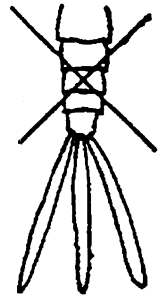
Eintagsfliegenlarven
mit 3 Schwanzborsten
(Ausnahme: Epeorus sp.)
seitl. Kiemen-Besatz
(bei grabenden Formen
in Rückenhöhe)



Steinfliegenlarven
mit 2 Schwanzborsten
ohne Kiemen



Kleinlibellenlarven
mit 3 Schwanzblätter
(keine Borsten)
ohne Kiemen



Alle Eintagsfliegenlarven haben einen relativ hohen Sauerstoffbedarf. Sie sind Indikatoren für die Güteklassen von I bis einschließlich II. Es sind vom Körperbau 4 Artengruppen zu unterscheiden. Sie ermöglichen Rückschlüsse auf die jeweilige Lebensweise und in der Regel auch auf die von ihnen bewohnten Gewässertypen.

In schnellfließenden Bächen der Gebirge und der Ebene findet man „**flache Eintagsfliegenlarven**“: Durch ihre abgeplattete Körperform sind sie -an Steinen gedrückt- vor stärkster Strömung geschützt (Fließgeschwindigkeiten bis zu 1,3 m/s). An herausgenommenen Steinen kann man ihre allseitige Zickzackbewegung beobachten.

In langsam fließenden Gewässern oder in der Uferzone von Stillgewässern findet man „**grabende Eintagsfliegenlarven**“. Voraussetzung ist ein sandiger oder schlammiger Bodengrund, in dem sie mit ihren dolchartigen Oberkiefern und den abgeflachten Vorderbeinen maulwurfartige Gänge bauen. Ebenfalls in langsam fließenden Gewässern oder in strömungsarmen Zonen von Bächen findet man im Bereich des Pflanzengürtels „**schwimmende (runde) Eintagsfliegenlarven**“. Als Schwimmorgane dienen haarbesetzte Schwanzborsten. Im Bodenbereich unterschiedlicher Gewässer halten sich dichtbehaarte, meist schlammbedeckte (und deshalb schwer erkennbare) „**kriechende Eintagsfliegenlarven**“ auf.

Flache Eintagsfliegenlarven

Epeorus sylvicola: flache Larven mit nur 2 Schwanzfäden (mittlerer fehlt); keine Eigenbewegung der Kiemenblätter, Augen auf der Kopfoberseite.

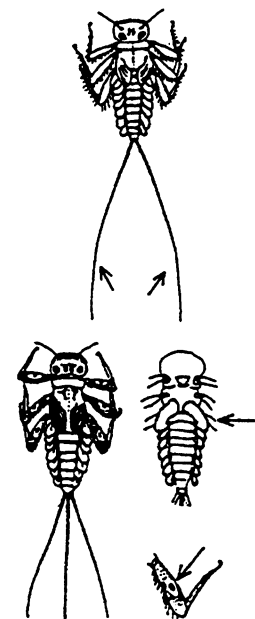
Vorkommen: in schnellfließenden, kalten Gebirgsbächen.

Saprobiewert: 1,0

Rhithrogena sp.: flache Larven mit 3 Schwanzfäden; keine Eigenbewegung der Kiemenblätter; Augen auf der Kopfoberseite; stark vergrößertes 1. Kiemenblattpaar an der Unter(Bauch-seite sowie helle Male mit dunklem Punkt auf jedem Schenkel → Skizzen

Vorkommen: schnell fließende Gebirgsbäche, Ebene selten.

Saprobiewert: 1,0



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 7/2: EINTAGSFLIEGENLARVEN/EPHEMEROPTERA

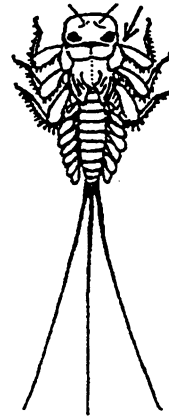
Flache Eintagsfliegenlarven (Fortsetzung):

Ecdyonurus sp.

Bestimmungsmerkmale: flache Larven mit Augen auf der Kopfoberseite; gelbbraun bis dunkelgrau, zuweilen braun mit helleren Zeichen; Kiemenblättchen mehr eiförmig, Eigenbewegung der Kiemenblättchen feststellbar; Vorderbrust an den Hinterecken scheibenartig entlang der Mittelbrustseiten verlängert → Skizze

Vorkommen: häufig in Gebirgsbächen, seltener im Unterlauf von mittleren Gewässern.

Saprobiewert: 1,5



Kriechende Eintagsfliegenlarven

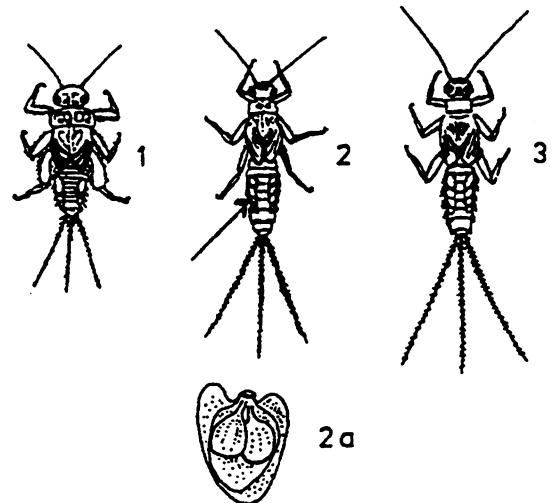
Ephemerella sp.

Bestimmungsmerkmale: Größe 6-11 mm; gelbbraun; Augen seitwärts gerichtet; 5 Tracheenkiemen-Paare auf der Oberseite des Hinterleibes, dachziegelartig übereinander, 5. bzw. 4. Paar dabei von den anderen verdeckt Skizze 2 a (zu Typ 2). Die Skizzen 1-3 zeigen verschiedene Typen.

Vorkommen: meist in Bergbächen,

E. major (1; sehr gedrungene Form) in der Regel mit Schlammteilchen besetzt und sehr unauffällig.

Saprobiewert: 1,6



Anmerkung zum Saprobiewert: es ist ein Mischwert für die ganze Familie (z.T. sehr verschiedene Saprobiewerte, aber eine feldmethodische Bestimmung sehr schwierig).

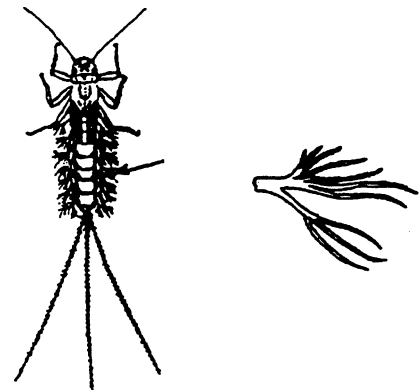
Runde Eintagsfliegenlarven:

Habrophlebia sp.

Bestimmungsmerkmale: Größe: 5-6 mm; braun; 7 „bäumchenartige“ (nicht „blattförmige“) Kiemenpaare.

Vorkommen: langsam fließende Gewässer.

Saprobiewert: 1,6



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 7/2: EINTAGSFLIEGENLARVEN/EPHEMEROPTERA

Runde Eintagsfliegenlarven (Fortsetzung)

Fam. Baetidae

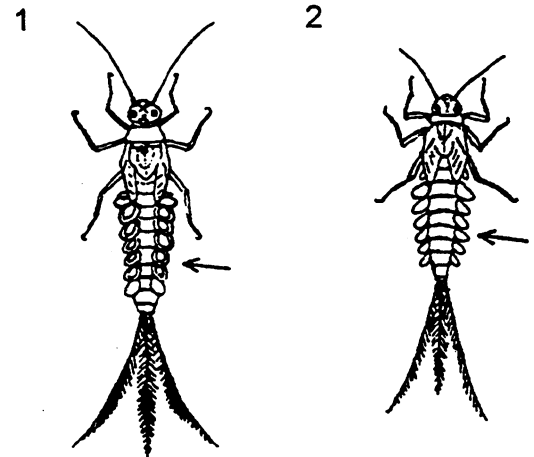
Bestimmungsmerkmale: Größe: 5-10 mm; 7 Kiemenblätter-Paare am Hinterleib (doppelt: Skizze 1 oder einfach: Skizze 2); Kopfhaltung senkrecht zur Körperhaltung („heuschreckenartig“); äußere Schwanzfäden nur an Innenseite behaart.

Vorkommen: In Stillgewässern genauso wie in langsam fließenden Gewässern.

Saprobiewert: 2,0

Anmerkung zum Saprobiewert:

In Bergbächen bis hinunter zu NN + 200 m mit weitgehend Indikatoren bis zur Güteklasse 1 wird mit einem **E.S.W. von 1,5** gerechnet.



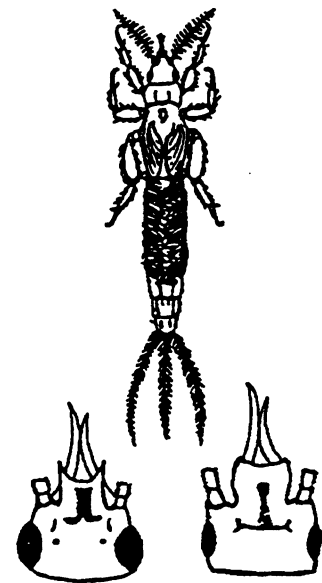
Grabende Eintagsfliegenlarven

Ephemer sp.

Bestimmungsmerkmale: Größe: 15-23 mm; gelblich; 7 Tracheenkiemen-Paare auf dem Rücken des Hinterleibes: zweiästige, federförmige Lamellen (in der Skizze nicht erkennbar siehe Engelhardt); Unterschiede an der Kopfoberseite von *E. vulgata* (→ Skizze a) zu *E. danica* (→ Skizze b) hier nur für besonders Interessierte gezeigt.

Vorkommen: Uferzonen der Bäche des Mittelgebirges und der Ebene, Seen.

Saprobiewert: 1,7



Restliche Eintagsfliegenlarven

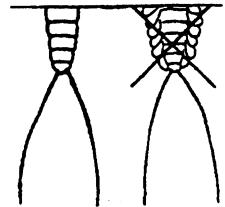
→ nur als Entscheidungshilfe für Güteklasse II, wenn ohne sie ein Grenzwert zwischen II und II-III ermittelt wurde, dann:

Saprobiewert: 2,0

BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 8: STEINFLIEGENLARVEN/PLECOPTERA

Steinfliegenlarven haben immer nur 2 Schwanzborsten. Die Unterschiede in diesem Bestimmungskriterium zu Eintagsfliegenlarven und Kleinlibellenlarven sind auf Blatt 7/1 dargestellt. Verwechseln kann man Steinfliegen jedoch mit den Eintagsfliegenlarven *Epeorus* sp., die ebenfalls nur 2 Schwanzborsten haben, gleichzeitig aber seitlich am Hinterleib Kiemen (→ Skizze). Steinfliegen haben einen hohen Sauerstoffanspruch und finden sich deshalb fast ausschließlich in schnellfließenden, weitgehend unbelasteten Gewässern. Auf Verschmutzungen reagieren sie sehr empfindlich. Sie sind fast ausnahmslos Indikatoren für eine Gewässergüte von I und I-II. *Vorkommen*: vornehmlich an der Unterseite oder im Stromschatten von Steinen, zwischen angeschwemmtem Laub und Ästen bzw. in Wasserpflanzen und Moospolstern.

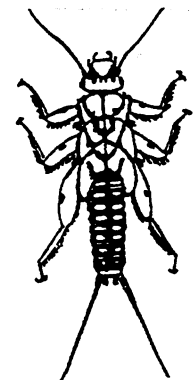


Ernährung: Junglarven fressen Detritus, sonst Herbi- (kleinere Formen) und Carnivoren.

Große Larven >16 mm (ohne Schwanzfäden gerechnet), lebhaft bunt gefärbt; *Kiemen im Brustbereich* → **Fam. Perlidae** (Vertreter *Perla* sp., *Perla marginata* und *Dinocras* sp. hier mit Mischindex 1,3; Skizze zeigt *Perla* sp. als Beispiel)

Vorkommen: alle in Bächen und Flußoberläufen der Gebirge.

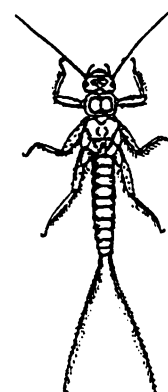
Saprobiewert: 1,3



Große Larven >16 mm (ohne Schwanzfäden gerechnet); Körper wenig abgeflacht und gelb-dunkelbraun gefärbt; auf dem Kopf lebhaft gezeichnet *ohne Kiemen* → **Fam. Perlodidae**

Vorkommen: In Quellen, kalten Bächen o. Flüssen der Mittelgebirge und Alpen, z.T. auch in der Ebene.

Saprobiewert: 1,3



Kleinere Larven <16 mm (ohne Schwanzfäden gerechnet); **meist <12 mm**, nur eine Art feststellbar, sehr schmaler, 5-12 mm langer Körper von gleichmäßig gelblicher bis hellbrauner Färbung und gleichmäßig parallel nach hinten gerichteten Flügelscheiden: *Leuctra* sp. (hier nicht abgebildet)

Saprobiewert: 1,5

Kleinere Larven <16 mm (ohne Schwanzfäden gerechnet), **meist <12 mm**, mehrere Arten unterscheidbar.

Saprobiewert: jeweils 1,4

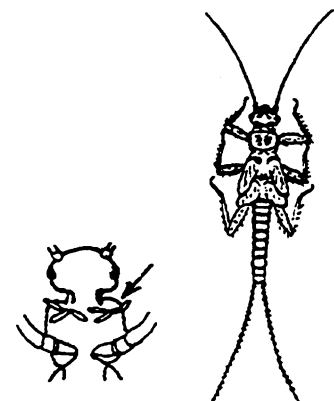
Kleine Larven <12 mm (ohne Schwanzfäden gerechnet), mit eiförmigen Randlinien der Flügelscheiden; gelblich; Larve ohne Kiemen. *Vorkommen*: Bäche und Flüsse der Alpen und Mittelgebirge → ***Chloroperla* sp.**

Saprobiewert: 1,0



Kleine Larven <12 mm (ohne Schwanzfäden gerechnet), gedrungene Form, einförmig braun, 6 schlauchförmige Halskiemen → Skizze → ***Protonemura* sp.**

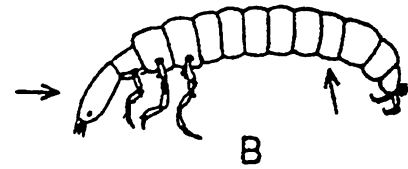
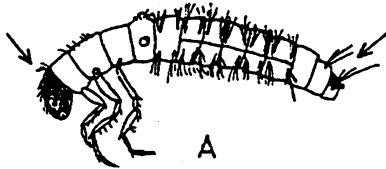
Vorkommen: Quellen und Bäche der Gebirge und Mittelgebirge, kaum in der Ebene. **Saprobiewert: 1,0**



BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 9/1 : KÖCHERFLIEGENLARVEN/TRICHOPTERA

Vom Aussehen und der Lebensweise unterscheidet man zwei grundsätzliche Formen:

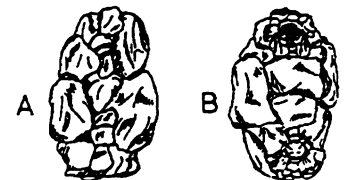


nicht-campodeaförmige Larven (A) (raupenförmig, eruciform)	campodeaförmige Larven (B)
Die <i>Längsachse</i> des Kopfes bildet mit der Körperachse einen <i>rechten Winkel</i> ;	Die <i>Längsachse</i> des Kopfes bildet mit der Körperachse eine <i>Gerade</i>
Viele Formen mit <i>Seitenlinie</i>	ohne <i>Seitenlinie</i>
<i>Kiemen</i> in einzelnen o. mehreren Fäden und Reihen (Rücken-, Bauch-, Seitenreihen)	<i>Kiemen</i> nicht so gestaltet
häufig <i>Höcker</i> auf erstem Hinterleibs-Segment	keine <i>Höcker</i>
<i>alle</i> mit transport. Gehäuse (<i>Köcher</i>);	<i>nur wenige</i> haben <i>Köcher</i> , dieser meist nicht transportabel
<i>Pflanzenfresser</i>	<i>häufig</i> Raubtiere
in der Regel in <i>schnelleren Fließgewässern</i>	langsame <i>Fließgew.</i> und <i>Stillgew.</i>
Indikatoren der Güteklassen I-II und II	Indikatoren der Gütekl. I und I-II

Larven in Gehäusen, die wie „Steinhäufchen“ aussehen und <10 mm lang sind, Breite ca. 4-5 mm, Höhe ca. 3 mm; Gehäuse halb ellipsoid, gebogene Oberseite (A) mit gröberem Material, flache oder nach innen gewölbte Unterseite (B) mit kleinen Steinchen besetzt und mit zwei Löchern versehen: für Kopf und Vorderbeine und für Nachschiebekrallen.

Vorkommen: schnell fließende Bäche der Gebirge und Mittelgebirge, seltener in der Ebene.

Saprobiewert: 1,0



→ *Agapetus* sp.

Larven in gebogenen, dünnwandigen, glatten Sandgehäusen; siehe Abbildung → nicht >15 mm lange Köcher, Breite 2-3 mm; Füllhorn-Form; Hinterende mit kreisrundem Loch in der Sekretmembran; Larve nicht-campodeaförmig und mit dunklem Kopf; Mittelbrust oben häutig und mit einigen Chitinflecken.

Vorkommen: Gebirgs- und Mittelgebirgsbäche oder schnellfließende Bäche der Ebene

Verwechselung möglich mit Notidobia: diese bis 18 mm lang (→ S.I. 1,5).

Saprobiewert: 1,2



→ *Sericostoma* sp.

Larven in röhrenförmigen Sandkörnern mit seitlichen Belastungssteinen, die etwa so breit wie Köcher sind (Vergleich mit Lithax und Goera); Länge 10-12 mm, Breite 2-3 mm (ohne Belastungssteine gerechnet); Larven nicht-campodeaförmig; Kopf und Brust rotbraun, sonst schwarzbraun.

Vorkommen: rasch fließende Bäche der Gebirge und Ebene.

Verwechslungen mit Lithax und Goera möglich (s. Skizze).

Saprobiewert: 1,2



Lithax



Silo



Goera

→ *Silo* sp.

BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 9/2 : KÖCHERFLIEGENLARVEN/TRICHOPTERA

Larven in röhrenförmigen Sandköchern mit seitlichen Belastungssteinen, die entweder viel schmäler (Lithax) oder viel breiter (Goera) als der Köcher sind Skizzen unter Silo sp.; nicht-campodeaförmige Larven; Färbung des Kopfes und des Rückenteils bei Goera pilosa gelbbraun, bei Lithax schwarz, bei Silo sp. rotbraun-schwarzbraun.

Vorkommen: *Goera pilosa*: Bäche der Ebene und Brandungsufer von Seen. *Lithax obscurus*: rasch fließende Bäche, hauptsächlich in der Ebene.

→ **Lithax und Goera**

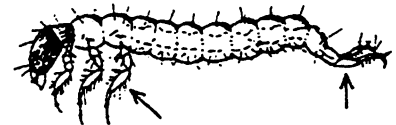
Saprobiewert: beide 1,5

Larven ohne Gehäuse, höchstens Wohngespinnste, campodeaförmige Larven sind bis 22 mm lang und 3,5 mm breit, kiemenlos; Kopf und 1. Brustsegment chitiniert, meist mit Punktzeichnungen; Beine lang beborstet (nicht bei *P. montanus*); Nachschieber sind beinähnlich und behaart;

Vorkommen: Gebirgs- und Mittelgebirgsbäche oder in den Oberläufen von Fließgewässern der Ebene.

Verwechslungen möglich: deshalb als Indikator der Gewässergüte nur einsetzen, wenn er nicht in Stillwasserbereichen und Kanälen sowie im Unterlauf und Mittellauf von Fließgewässern angetroffen wird. Der Biotop ist hier eindeutig Bestimmungsmerkmal!

Saprobiewert: 1,2



→ **Plectrocnemia sp.**

Larven ohne Gehäuse, campodeaförmig; bis zu 25 mm lang und 3,5 mm breit; relativ kleiner eiförmiger Kopf; Larve schwärmt frei (ohne Wohngespinnst) mit büscheligen Kiemen am Hinterleib; nur 1. Brustsegment chitiniert.

Vorkommen: Gebirgs- und Mittelgebirgsbäche sowie in schnellfließenden Bächen der Ebene (z.B. Heidebäche).

Verwechslung: evtl mit Larven der Fam. Hydropsychidae, (bei diesen sind alle 3 Brustsegmente oben chitiniert).

Saprobiewert: 1,4



→ **Rhyacophila sp.**

Larven ohne Gehäuse, mit Wohngespinnsten auf z.B. Steinen fest verankert; campodeaförmig; bis 20 mm lang, alle 3 Brustsegmente oben chitiniert, meist graubraun; verzweigte Büschelkiemen; auf dem Kopfschild helle (gelbe) Abzeichen.

Vorkommen: meist schnellströmende Fließgewässer der Ebene und der Gebirge.

Saprobiewert: 2,0



→ **Hydropsyche sp.**



Restliche Köcherfliegenlarven mit Gehäuse: Wegen der Fülle der weiteren Formen und der Bestimmungsschwierigkeiten erscheint es praktikabel, für eine *Absicherung der Güteklasse II-Entscheidung bei einem Grenzwert zwischen II und II-III* einen E.S.W. von 2,0 anzunehmen, da es keine Köcherfliegenlarven mit einem schlechteren E.S.W. als 2,0 gibt.

Saprobiewert: 2,0

BESCHREIBUNGS- und BESTIMMUNGSLISTE der INDIKATORORGANISMEN

Blatt 10: ZWEIFLÜGLER/DIPTERA

Es gibt eine außerordentliche große Anzahl von Zweiflüglern. Sie finden sich in allen Biotopen unterschiedlicher Güteklassen. So gibt es allein in der Familie der Chironomidae (Zuckmückenlarven)- mit ca. 1000 Arten wohl die artenreichste Insektengruppe Mitteleuropas - Vertreter aller Gewässertypen, vom Bergbach bis zum Abwasserkanal. Allerdings gibt es nur relativ wenige Formen, die sich für unsere Zwecke als Indikatororganismen eignen. Sie erfüllen zwar die wesentlichen Anforderungen der Indikatoren, sind aber im Zusammenhang mit der makroskopischen Feldmethodik nicht oder nur sehr schwer zu identifizieren. Zudem braucht man in den meisten Fällen zur Artbestimmung sowohl Larve als auch Puppe und Imago.

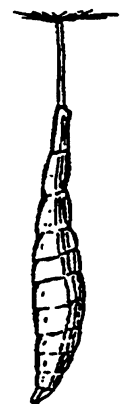
Waffenfliegenlarven/Stratiomys sp.

Bestimmungsmerkmale:

Larven sind etwa 40-50 mm lang; graugrüne Farbe; zu erkennen auch am langausgezogenen Hinterleibssegment (ähnlich einem Atemrohr) mit einem Haarborstenkranz am Ende, mit dem die Larven am Wasserspiegel hängen können.

Vorkommen: langsam fließende oder stehende Gewässer, im Gewirr dichter Algenwatten; häufig in salzhaltigen Gewässern.

Saprobiewert: 3,0



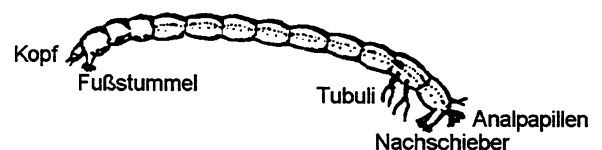
Rote Zuckmückenlarven/Chironomus thummi bzw. Ch. plumosus-Gruppe,

Bestimmungsmerkmale:

Larven etwa 10 - 20 mm lang, kleiner Kopf, 12 zylindrische Segmente; am ersten Segment ein Paar Fußstummel, am vorletzten Segment zwei Paar längere Anhänge (Tubuli), am letzten Segment ein Paar Nachschieber; um den After herum Analpapillen; Körper durch Hämoglobin rot gefärbt; **Vorkommen:** in der oberen Schlammschicht stark belasteter Fließgewässer und Abwassergräben; bis zu über 3000 Tiere pro m².

Verwechselungen zwischen beiden Gruppen möglich, jedoch unbedeutend, da beide Leitformen der Güteklasse IV.

Saprobiewert: 3,6 (nur wenn Tubuli vorhanden).



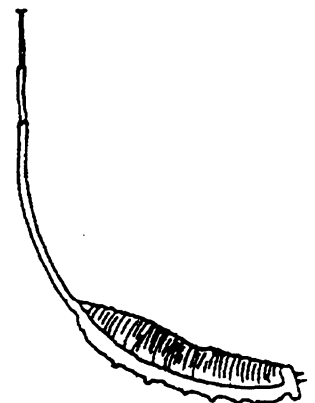
Rattenschwanzlarven/Eristalis sp.

Bestimmungsmerkmale:

Larven etwa 20 mm lang, fatter Habitus; weißgrau; Gangwarzen auf der Unterseite; 3teilige, teleskopartige Atemröhre ist etwa 35 mm lang.

Vorkommen: stehende oder schwach strömende nährstoffreiche Gewässer, Abwassergräben, Jauche- und Kloakegruben.

Saprobiewert: 4,0



6.5. Ausstattung des Untersuchungskoffers

Der Untersuchungskoffer ist für die Arbeit einer größeren Untersucher-Gruppe (bis zur Größe einer Schulklasse) ausgelegt. Die bei der Untersuchung anfallenden Einzelaufgaben bedingen eine arbeitsteilige Vorgehensweise: Während einige Teilnehmer das Wasser bzw. den Pflanzengürtel der Uferregion durchkeschern, suchen andere u.a. die Steine, Blätter oder untergetauchte Äste nach Organismen ab, andere wiederum bestimmen bereits die ersten gefundenen Tiere, messen die Wassertemperatur bzw. nehmen die Eingangsdaten für den Erfassungs- und Auswertungsbogen auf. Der Koffer enthält für die Vielzahl der Aufgaben folgende Untersuchungsgeräte und -materialien:

Inhalt des Öko-Koffers Biologische Gewässeruntersuchung 30834.88

Sieb, $d = 160$ mm, engmaschig	65854.00	6
Fangnetz für Wasserinsekten	64576.00	1
Wanne 150x150x65 mm	33928.00	6
Pinzette, 100 mm, gebogen, spitz	64608.00	6
Haarpinsel, fein	64702.00	4
Pinsel, hart	40979.00	2
Pipette mit Gummikappe	64701.00	10
Schale, PS, 85x85x7 mm, 12 aus	45019.01	1
Lupenglas, klein	64599.00	6
Lupenglas, groß	64600.00	6
Schnappdeckelgläser 23 ml, 10 Stk	33621.03	1
Schnappdeckelgläser 60 ml, 10 Stk	33623.03	1
Petrischalen, PS, $d = 9$ cm, 6 aus	64709.03	1
Schieblehre, Kunststoff	03011.00	1
Lineal, $l = 20$ cm, Kunststoff	09937.01	2
Handbuch Biol. Gewässergütebest.	30834.01	1

7. EINSATZ DES COMPUTERS FÜR LIMNOLOGISCHE UND ABWASSERBIOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN SOWIE DEN GEWÄSSERSCHUTZ

Es gibt eine vom FWU Institut für Film in Wissenschaft und Unterricht bundesweit herausgegebene

und durch Lizenzvergabe über die Landesbildstellen der Bundesländer vertriebene Software mit dem Titel „Umweltatlas Wasser- Computerunterstützung in der Umwelterziehung; 1992“. Das Programm bietet u.a. einen Informationsteil (Texte, Graphiken) zum Thema Fließgewässer sowie ein Datenaufnahme- und Berechnungssystem zur Ermittlung der Güteklasse von Fließgewässern nach chemo-physikalischer (BACH- und G.R.E.E.N.-System) wie auch biologischer Methodik (Saprobiensystem nach Xylander/Wassmann). Diese Software wird in einer windows-Version 1996 mit einem erweiterten Info-System zur biologischen Gewässeruntersuchung sowie mit der Integration des MEYERschen Verfahrens zur biologischen Gewässergütebestimmung erscheinen.

Darüber hinaus gibt es von lokalen oder regionalen Institutionen eine Reihe weiterer P.C.-Programme (u.a. BICI vom ZSU-Hamburg), die zur Datenaufnahme und -berechnung zur Bestimmung der Gewässergüte geeignet sind.

Weitere Informationen zu den Nutzungsmöglichkeiten -insbesondere auch als Kommunikationsmittel über regionale und nationale Grenzen hinaus, finden sich bei Prigge, 1994.

8. DER PRAKTIKUMSKOFFER VON PHYWE 30832.88 FÜR CHEMO-PHYSIKALISCHE UNTERSUCHUNGEN VON FLIEßGEWÄSSERN

Es ist empfehlenswert, bei Gewässeruntersuchungen nicht nur die biologischen, sondern auch die chemo-physikalischen Parameter zu messen, um durch eine Parallelisierung der Untersuchungsergebnisse ein noch besser abgesichertes Ergebnis zu erzielen.

Eine schulerprobte Darstellung der Untersuchungsverfahren nach den Methoden von BACH und G.R.E.E.N. findet sich im Handbuch zum Praktikums-koffer von PHYWE 30832.88. (Graffitti, 1994). Auch die chemo-physikalischen Parameter können im FWU-Computerprogramm „Umweltatlas Wasser“ eingegeben und ausgewertet werden.

LITERATURVERZEICHNIS

abc- Biologie, Ein alphabetisches Nachschlagewerk für Wissenschaftler und Naturfreunde, Herausgeber Dietrich, G. u.a., Leipzig, Verlag Harri Deutsch, Frankfurt a. M. und Zürich

Baubehörde Hamburg-Amt für Wasserwirtschaft der Freien und Hansestadt Hamburg: Bachpatenschaften- Grundwissen-Tätigkeiten-Beispiele, 1992

Baur, W. : Gewässergüte bestimmen und beurteilen, Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, 1980

Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Freie und Hansestadt Hamburg, unveröffentlichter Entwurf für einen Rahmenplan "Umwelterziehung", Hamburg, 1996

Bernerth, H., Tobias, W. : Der Untermain, ein flußökologisches Portrait. Kleine Senckenberg-Reihe Nr. 10, Frankfurt a.M., 1979

Besch, W.K.: Biologische Qualitätsklassifizierung von Fließgewässern, in: Limnologie für die Praxis - Grundlagen des gewässerschutzes, ecomed-Verlagsgesellschaft, Landsberg, München, 1984

Brehm, J und Meijering, M.P.D.: Fließgewässerkunde, in: Biologische Arbeitsbücher 36, Quelle und Meyer, Heidelberg, 1982

Bringmann, G.: Die mikrobiologische Selbstreinigung des Wassers und ihre Störungen, in: Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. VIII/1 und Bd VIII/2: Wasser und Luft, Springer-Verlag, Berlin, 1969

Brucker, G. u.a.: Biologisch-ökologische Techniken, Biologische Arbeitsbücher, Quelle und Meyer, Heidelberg-Wiesbaden, 1995

Butkay, M.: Auf der Suche nach Mikroorganismen in den neu angelegten Waldtümpeln der ALG im Bockmerholz, ALG-Wasserreport 3/92 und 4/92

DIN 1990: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung: DIN 38410 Teil 2: Bestimmung des Saprobienindex (M2), Oktober 1990

Engelhardt, W.: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher, in: Kosmos-Naturführer, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1985

Gewässergütebericht, in: Hamburger Umweltberichte 48/94, Herausgeber: Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg, 1994

Graffitti, R.: Fließgewässeruntersuchungen nach BACH und G.R.E.E.N. - Handbuch zum PHYWE-Untersuchungskoffer für die chemo-physikalische Gewässeruntersuchung, Best.-Nr. 30832.01 PHYWE-Systeme Göttingen, 1994

Hafner, L. und Philipp, E.: Ökologie- Materialien für den Sekundarbereich II Biologie, Schroedel- Verlag, Hannover, 1986

Hamm, A.: Nomogramm zur Ermittlung der Gewässergüteklassen von Fließgewässern, Wasser- und Abwasserforschung 5, 1-3, 1968

Hütter, L.A.: Wasser und Wasseruntersuchung, in: Laborbücher Chemie, Diesterweg/ Salle, Frankfurt a.M., Berlin, München/ Sauerländer, Aarau, Frankfurt a.M., Salzburg, 1984

Hütter, L. A.: Wasser und Wasseruntersuchung, 4. Auflage, Salle und Sauerländer, 1990

Klautke, Siegfried: Grünalgen als Bioindikatoren der Gewässergüte, in: Unterricht Biologie, Heft 131, 1/1988, Friedrich-Verlag, Velber

Klee, O.: Hydrobiologie; Einführung in die Grundlagen; Beurteilungskriterien für Trinkwasser und Abwasser. Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, 1970

Klee, O.: Angewandte Hydrobiologie- Trinkwasser- Abwasser-Gewässerschutz-, georg-Thieme-Verlag, Stuttgart-New York, 1991

Kolkwitz, R., und Marsson, M.: Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna, Mitt.K. Prüfanstalt Wasserversorgung Abwasserbes. Berlin-Dahlem 1, 1902

Kolkwitz, R. und Marsson, M.: Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. Deut. Bot. Gesellschaft 26, 1908

Kolkwitz, R., und Marsson, M.: Ökologie der tierischen Saprobien. Int. Revue Ges. Hydrobiologie 2, 1909

Kolkwitz, R.: Die Ökologie der saprobien. Schriftenreihe Verein Wasser-, Boden-, Lufthygiene, Berlin-Dahlem, 4, 1950.

Kull, U., Knodel, H.: Ökologie und Umweltschutz, in: Studienreihe Biologie Band 4, J.B. Metzler-Verlag, Stuttgart, 1974/75

Lange-Bertalot, H.: Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeignetes Kriterium der Gewässerbelastung. Archiv Hydrobiol Suppl. 5 (Algalogical Studies, 393-427, 1978

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland, Stuttgart, 1980

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland, München, 1985

LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser): Die Gewässergütekarte der Bundesrepublik Deutschland, 1990, Grothus Verlag, Kassel

Leithe, W.: Die Analyse der organischen Verunreinigungen in Trink- Brauch- und Abwässern. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart 1975

Liebmann, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-Biologie, Band 1, 2. Auflage, VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1962

Liebmann, H.: Die Bewertung der Wassergüte nach dem biologischen Befund. Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, Bd 15, 9-11, 1969

Lammert, F.-D.: Bioindikatoren, in: Unterricht Biologie, Heft 131, 1/1988, Friedrich-Verlag, Velber

Meijering, M.P.D. und Pieper, H.G.: Die Indikatorbedeutung der Gattung Gammarus in Fließgewässern, Dechenania Beihefte 26, 111-113, 1982

Meyer, Detlef: Makroskopisch-biologische Feldmethoden zur Wassergütebeurteilung von Fließgewäs-

sern, Herausgeber: ALG und BUND, Hannover, 1990

Meyer, D. und Schmidt, D.: Ein Vergleich Saprobienindex: Chemischer Index, in: Ein Jahrzehnt im Dienste des Gewässerschutzes, ALG-Wasserreport, Hannover 1987

Meyer, D.: Korreliert Saprobienindex nach MEYER mit Trophiegrad?, in. ALG-Wasser-Report 1-4/96, Hannover

Meyer, D.: Zusammenstellung der Trophiestufen-Daten für den Verfasser, 11/95

Meyer, D.: Pers. Mitteilung im November 1996

Miegel, H.: Laborbücher Biologie: Praktische Limnologie, Diesterweg Salle Sauerländer, Frankfurt a.M., 1981

OECD: Limnologie für die Praxis- Grundlagen des Gewässerschutzes, ecomed verlagsgesellschaft mbh, Landsberg/Lech, 1984

Pott, R.: Die Vegetationsfolgen unterschiedlicher Gewässertypen Nordwestdeutschlands und ihre Abhängigkeit vom Nährstoffgehalt des Wassers, in: Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft für Biologisch-Ökologische Landesforschung (ABÖL), Nr. 52, Münster, 1983

Prigge, S.: Gewässer im Stadtteil - Ansätze für eine fächerübergreifende Umwelterziehung/Das Umweltprojekt G.R.E.E.N., Herausgeber: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, 1994

Rachor, E.: Indikatorarten für Umweltbelastung im Meer. Dechenania, Beihefte 26, 128-137, 1982

Roch, K., Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg, pers. Auskunft des zuständigen Referenten für Gewässeruntersuchungen und Gewässerschutz, 23.8.95

Roch, K., Umweltbehörde der Freien und Hansestadt Hamburg, pers. Auskunft des zuständigen Referenten für Gewässeruntersuchungen und Gewässerschutz, 11/95

Schuster, M.: Ökologie und Umweltschutz, in: bsv-Biologie, München, 1981

Streble, H., Krauter, D.: Das Leben im Wassertropfen- Mikroflora und Mikrofauna des Süßwassers, in: Kosmos-Naturführer, Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1982

Umweltatlas Wasser-Computerunterstützung in der Umwelterziehung, FWU Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht gemeinnützige GmbH, Benutzerhandbuch, 1992

Xylander, W. und Naglschmid, F.: Gewässerbeobachtung-Gewässerschutz, Verlag Stephanie Naglschmid, Stuttgart, 1985

Zelinka, M. und Marvan P.: Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer, Arch Hydrobiol. 57, 389-407, 1961

ZSU (Zentrum für Schulbiologie und Umwelterziehung) 22609 Hamburg, Hemmingstedter Weg 142

Raum für Notizen