

PHOTOAUTOTROPHE UND HETEROTROPHE  
ORGANISMEN ALS INDIKATOREN DER  
VERUNREINIGUNG VON FLIESSGEWÄSSERN

Danecker E.

Abstract:

Unter Beschreibung ihrer Funktion im Stoffkreislauf und ihrer Ansprüche an den Lebensraum wird die Eignung wichtiger Gruppen von Fließwasserorganismen als Indikatoren einer Wasser-  
verunreinigung mit abbaubaren organischen Stoffen und für die Einstufung von Flüssen in die Klassen der biologischen (=saprobiologischen) Gewässergüte dargestellt. Einige leicht verständliche Wirkungsmechanismen, die bei der Veränderung der Biozöosen unter Abwassereinfluß in Gang kommen, werden beschrieben. Es wird kurz auf die heute bestehenden Vorbehalte gegen die Gewässergütekunde eingegangen. Saprobiologische Untersuchungen und Güteeinstufungen sind ökologische Vorgangsweisen und als solche Teilaspekte der Erhebung und Bewertung der ökologischen Funktionsfähigkeit.

1. GÜTEKLASSEN UND WIRKUNGSMECHANISMEN

Bei der Verunreinigung von Fließgewässern mit abbaubaren organischen Substanzen entsteht ein seit langem bekanntes immer wiederkehrendes Muster der Veränderung der Gewässerbiozöosen. Es ist so charakteristisch, daß es als Grundlage einer Bewertung des Gewässerzustandes verwendet wird. Es wurden 4 Saprobienstufen aufgestellt, die den Abbau der organischen Substanz widerspiegeln und bis heute als Gradmesser der Selbstreinigung dienen.

Die Saprobie wird definiert als die "Intensität des biologischen Abbaues organischer Substanzen" (ÖNORM M 6232). Die Saprobienstufen wurden von LIEBMANN (1951) mit den Güteklassen gleichgesetzt, besser gesagt, sie dienten ihm als Kernstück

für deren Beschreibung, wobei Güteklasse I den besten, IV den schlechtesten Zustand eines Gewässers in Bezug auf die organische Belastung bedeutet.

Es gibt im Zusammenhang mit der saprobiologischen Gewässerbeurteilung eine umfangreiche Literatur. Kurze Definitionen der Güteklassen sind auch in den Richtlinien des BMFLF (1990) enthalten, ausführliche Beschreibungen der 4 Klassen und 3 Zwischenklassen bei MOOG (1991) und in der vor der Fertigstellung befindlichen ÖNORM M 6232.

Die Beschreibungen der Güteklassen, welche MOOG (1991) unter Mithilfe einer ganzen Reihe von mit Gewässergütefragen befaßter Fachleute zusammengestellt hat, müssen trotz ihrer Anschaulichkeit in der Realität nicht unbedingt zu einer sicheren Einstufung führen, da jedes Gewässer sehr individuell, d.h. mit allen seinen morphologischen, hydrologischen, temperatur- und besiedlungstypischen Eigenschaften auf eine Wasserverunreinigung reagiert.

Der Abbau organischer Substanz, gleich ob sie von außen in das Gewässer (Allosaprobie) eingebracht oder im Gewässer selbst produziert wird (Autosaprobie), geht mit dem Verbrauch von Sauerstoff einher. Dieser kann in rasch und turbulent fließendem Wasser schnell, in träger fließendem nur langsam ersetzt werden. Sauerstoffdefizite machen sich bei rascher Strömung daher zunächst kleinräumig bemerkbar, dort wo wenig Austausch stattfindet, großräumiger bei langsamer Strömung. Der Sauerstoffhaushalt zieht aber nur eines der Reaktionsmuster, die sich in den verschiedenen Gewässertypen beim Abbau organischer Belastung ausbilden.

Die Veränderung der Biozöosen ergibt sich im wesentlichen durch eine Verschiebung der Mengenverhältnisse der Ernährungstypen, die als Heterotrophe und als Autotrophe bezeichnet werden.

Heterotrophe werden definiert als "Organismen, die ihre Biomasse durch Verwertung von organischem Material aufbauen" (ÖNORM M 6232). Zu ihnen zählen die Bakterien und die Tiere. Nach ihrer Funktion im Stoffkreislauf werden erstere auch als Destruenten, letztere als Konsumenten bezeichnet.

Autotrophe werden definiert als "Organismen, die in der Lage sind, ihre Biomasse aus anorganischen Bestandteilen aufzubauen" (ÖNORM M 6232). Von dieser Gruppe sollen hier die Photoautotrophen, nämlich die grünen Pflanzen der Gewässer, näher betrachtet werden. Sie werden nach ihrer Funktion im Stoffkreislauf auch als Primärproduzenten bezeichnet.

LIEBMANN (1962) bringt über die Mengenverschiebung der Ernährungstypen in den Güteklassen, allerdings unter einer etwas anderen Einteilung, eine eindrucksvolle Grafik (Abb. 1).

### 1.1 Aussage heterotropher Organismen zu den Saprobiestufen

#### **1.1.1 Bakterien (Destruenten)**

Bakterien sind wichtige Mitglieder der im Gewässer allgegenwärtigen Mikrobiozöosen, welche durch ihre Abbauleistung einen guten Teil der Selbstreinigung (Beseitigung von Abfallprodukten) bzw. Mineralisation (Überführung organischer Substanz in anorganische Verbindungen, wie Kohlensäure, Wasser, Nitrat, Phosphat, Sulfat) besorgen. Von außen eingebracht werden Fäkalbakterien. Mikrobiozöosen finden sich auf frei treibendem Seston angelagert, als Mikrofilm auf der Sedimentoberfläche und der inneren Oberfläche der Bettsedimente sowie frei im Sedimentwasser.

Struktur und Diversität der Bakteriozöosen sind stark vom organischen Gehalt des Wassers und der Sedimente beeinflusst, die Abbauleistung von der Gesamtoberfläche des Biofilms (Gesamtkornoberfläche) und dem Austausch zwischen Freiwasser, Sedimentoberfläche und tieferen Sedimentschichten. Alles was

den Austausch fördert (z.B. eine dichte Besiedelung mit Makrozoen) fördert die Selbstreinigung. Gegenteilig wirkt eine Abdichtung des Gewässerbodens und der Lückenräume (z.B. Verschlickung durch Verminderung von Sedimentumlagerungen), wodurch die Dicke der aktiven Sedimentschicht auf die Größenordnung von cm oder mm absinken kann.

Nach ihrer Form (Morphotypen) werden bei den Bakterien fadenförmige, stäbchenförmige, rundliche, keulenförmige und korzenzieherartige Typen unterschieden. Nach der Physiologie Bakterien des Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorkreislaufes (Heterotrophe Keime, Proteolyten, Lipolyten, Amylolyten, Ammonifizierer, Denitrifizierer, Phosphatremobilisierer), (BRETSCHKO 1992).

In der routinemäßigen Saprobiologie werden oft nur die Morphotypen unterschieden. Von den ökophysiologischen Gruppen werden seit jeher jene besonders beachtet, welche im Schwefelkreislauf eine Rolle spielen. Diese sogenannten Schwefelbakterien bilden unter anaeroben Bedingungen weißliche, grünliche oder rötliche Überzüge und sind Anzeiger von Schwefelwasserstoff. Sie gehören damit zu den wenigen Saprobionten, die imstande sind, eine definierte chemische Verbindung anzuzeigen. Der bei der Sulfatreduktion (auch Desulfurikation, KLEE 1991) entstehende Schwefelwasserstoff führt bei der fast ständigen Anwesenheit von Eisen im Sediment zur Bildung von Schwefeleisen, welches schwarze Flecken auf Steinen und die schwarze Färbung des Faulschlammes verursacht. In der Indikatorenliste von SLADECEK (1973) ist die überwiegende Zahl der Bakterien als Schwefelwasserstoffindikatoren angegeben. Außerdem erstreckt sich ihre saprobielle Valenz fast allgemein vom polysaprobien Bereich der Limnosaprobität (Saprobität der Oberflächengewässer) bis ins pure Abwasser.

Neben den Schwefelbakterien sind die bekanntesten bakteriellen Saprobionten die Fadenbakterien *Sphaerotilus natans* und

*S. dichotomus*. Ersterer ist in Kläranlagen zusammen mit anderen Heterotrophen auch an der Bildung von Blähschlamm beteiligt. Zusammen mit anderen Bakterien, Pilzen und Einzellern bildet er in stark belasteten Fließgewässern (jedoch schon unter aeroben Bedingungen) mit freiem Auge sichtbare, typische graue, fallweise auch gefärbte Überzüge, die als "Abwaspilz" bezeichnet werden.

Die Reaktionszeit von Bakterien auf Veränderungen des Milieus liegt nach KLEE (1991) in der Größenordnung von Stunden. Massive Abwaspilzüberzüge, die z.B. vom Hochwasser ausgeräumt wurden, bilden sich nach eigener Erfahrung binnen ein oder zwei Tagen wieder. In stark belasteten Gewässern und in Kläranlagen können sich schier unglaublich hohe Mengen an bakterieller Biomasse bilden. Aber auch in ganz gut eingestuftem Gewässer ist sie beträchtlich.

Fäkalbakterien werden ebenfalls zur Güteinstufung herangezogen (KOHL 1957), sie werden aber meist nur in der fließenden Welle bestimmt. Die so gewonnenen Koloniezahlen können daher den Güteklassen nur so zugeordnet werden, wie die Meßwerte chemischer Parameter. Bakterien werden lt. DIN 38410 in die Berechnung des Mikroindex einbezogen.

#### **1.1.2 Protozoen (Einzeller), Primärkonsumenten.**

Protozoen spielten in der Saprobiologie als Indikatoren der meso- bis polysaprobien Saprobienstufen schon in den Anfängen eine wichtige Rolle. Ihre Reaktionszeit auf Milieuveränderungen liegt nach KLEE (1991) in der Größenordnung von Stunden. Sie sind daher ausgezeichnete Kurzzeitindikatoren.

Protozoen leben in allen Bereichen der Gewässer, am Boden, planktisch, im Süß- und Salzwasser und in Kläranlagen, in denen sie enorm hohe Biomassen bilden können. Eine Untersuchung der Ciliaten (Wimpertiere) in einer Kläranlage kann

z.B. eine rasche Information über den Zustand der biologischen Stufe liefern (FOISSNER et al. 1991).

Die qualitative Aufsammlung von Protozoen aus Gewässern ist einfach, ihre Bestimmung schwierig und Spezialistenarbeit. Mit den Ciliaten (Wimpertiere) hat sich in Österreich in letzter Zeit insbesondere FOISSNER (1991, 1992) beschäftigt. Er hat 400 wasserwirtschaftlich und saprobiell wichtige Arten ausgewählt, um bei der Bestimmungsarbeit Hilfestellung zu leisten, um die Ökologie und die saprobielle Anzeige der einzelnen Arten darzustellen und ihre saprobielle Einstufung zu revidieren.

Ciliaten (und andere Protozoen) sind ganz typische Organismen des Aufwuchses, z.B. auch der Bakterienrasen ("Abwasserpilz") in stark belasteten Gewässern. Sie ernähren sich von Bakterien oder Kieselalgen, manchmal auch wechselnd zwischen diesen beiden Nahrungsquellen, wenn es die Situation erfordert. Auch die Aufnahme von kleinen Grünalgen oder Hefe sowie Kannibalismus wurden beobachtet. Ihre Zahl pro m<sup>2</sup> Gewässerboden kann bis zu einigen Milliarden (!) betragen (Vils, mesosaprob aber stark eutroph, FOISSNER et al. 1992). Durch Körperform (z.B. Abflachung), Bewimperung und Organellen zum Festhalten, sowie durch ihr Verhalten (Thigmotaxis) zeigen viele Arten eine ideale Ausstattung für das Leben im Aufwuchs (FOISSNER et al. 1991).

Bei der Berechnung des Saprobienindex lt. DIN 38410 2. Teil, werden die Protozoen in den "Mikroindex" miteinbezogen (FRIEDRICH 1990).

### 1.1.3 Makrozoobenthos, Primär- und Sekundärkonsumenten

Das Makrozoobenthos wird definiert als "Tiere, welche die Gewässersohle bewohnen und zumindest adult mit freiem Auge sichtbar sind (ÖNORM M 6232). Der Sammelbegriff umfaßt eine Vielzahl von systematischen Gruppen ("Großgruppen") mit sehr

verschiedenen Ansprüchen an den Lebensraum (Abb. 2; Ernährung, Entwicklungszyklus, Verhalten), die für die Saprobologie von herausragender Bedeutung sind. Nach DIN 38410, Teil 2, sind die Makrozoen die Grundlage für die Berechnung des Makroindex (FRIEDRICH, 1990).

MOOG (1992) zählt folgende Makrozoobenthos-Großgruppen auf:

Schwämme	Wasserwanzen
Nesseltiere	Netzflügler
Strudelwürmer	Schlammfliegen
Wenigborstige Würmer	Köcherfliegen
Egel	Wasserkäfer
Vielborstige Würmer	Schmetterlinge
Muscheln	Hautflügler
Schnecken	Zuckmücken
Spinnentiere	Kriebelmücken
Milben	Lidmücken
Edelkrebse	Stelzmücken und Schnaken
Flohkrebse	Gnitzen
Wasserasseln	Bremsen
restliche Krebstiere	Syrphidae (Rattenschwanzlarven)
Eintagsfliegen	restliche Zweiflügler
Steinfliegen	Moostierchen
Libellen	

Das Makrozoobenthos ernährt sich von Primärproduzenten (daher die Bezeichnung Primärkonsumenten oder Pflanzenfresser), von totem feinpartikulärem Material (Detritusfresser) oder anderen Konsumenten (daher die Bezeichnung Sekundär- und Tertiärkonsumenten, Fleischfresser oder Räuber). Ihre Ernährungslage wird in den oberen und mittleren Flußabschnitten in der Natur vorwiegend durch von außen eingebrachtes, meist grobpartikuläres Material (Holz, Falllaub, Pflanzenteile, Erosionsmaterial) bestimmt. Das im Gewässer selbst durch Photosynthese aufgebaute Material (Moose, Algen) hat als

Nahrungsquelle hier weniger Bedeutung, als in den unteren Flußabschnitten, in denen der Pflanzenwuchs durch die Zunahme von Nährstoffen gefördert wird.

Eine Verschmutzung des Wassers wirkt auf das Makrozoobenthos über den Sauerstoffhaushalt und über die Ernährungssituation. In der ganzheitlichen Betrachtungsweise der modernen Saprobiologie wird nicht nur die saprobielle Einstufung der Makrozoen neu überdacht, sondern auch versucht, die Gewichtsverlagerung innerhalb des Freßtypenspektrums und autökologische Informationen über die Arten für die Güteeinstufung zu nutzen.

Das Makrozoobenthos hat für die saprobielle Beurteilung von Fließgewässern einige wichtige Vorteile (DANECKER 1986, MOOG 1991):

- Es integriert die Reaktion der Mikroorganismen auf Gewässerunreinigungen, da Algen, Pilze und Bakterien für das Makrozoobenthos einige der zahlreichen Umweltfaktoren darstellen.
- Innerhalb einer relativ großräumigen, auch dem menschlichen Empfinden zugänglichen Habitaterstreckung bis in den Meterbereich weist das Makrozoobenthos Eigenbewegung und damit die Möglichkeit einer raschen Wiederbesiedelung auf, ist jedoch immer noch ortsgebunden genug, um widrigen Einflüssen und Zuständen nicht ausweichen zu können.
- Eine Entwicklungsdauer von wenigen Tagen bis zu zwei Jahren ermöglicht die Anzeige länger anhaltender Zustände im Gewässer
- Erprobte Sammelgeräte und Entnahmestrategien führen im Vergleich zu anderen Organismengruppen zu einer guten Reproduzierbarkeit von quantitativen Ergebnissen.

Was die Milieuverschlechterung durch Wasserverschmutzung, gefolgt von einem Aufkommen von Mikroorganismen und die oben erwähnte Widerspiegelung ihrer Entwicklung im Makrozoobenthos betrifft, so sollen einige leicht verständliche Wirkungsmechanismen hier aufgezeigt werden, incl. der Sauerstoffsituation.

- Sauerstoffbedürftige Arten werden von Sauerstoffdefiziten oder -mangel zuerst betroffen und eliminiert. Unempfindliche Arten, vorzugsweise solche mit rotem Blutfarbstoff bleiben und können Massenentwicklungen bilden (Chironomus, Tubifex).
- Sauerstoffdefizite im Mikrobereich, die in der fließenden Welle durch die chemische Analyse noch gar nicht nachzuweisen sein müssen, benachteiligen oder vernichten alle bewegungsarmen Entwicklungsstadien. z.B. Larven, die die Anlieferung von Sauerstoff durch die Strömung benötigen (flache Eintagsfliegenlarven), Puppenstadien (Köcherfliegen) oder Fischeier (Salmoniden).
- Wiederholen sich kritische Sauerstoffsituationen, so stehen die Chancen für Larven mit langer Entwicklungsdauer (z.B. große Steinfliegenlarven) schlecht, Arten mit kurzen Entwicklungszyklen nehmen zu.
- Die alles überwuchernden Mikroorganismen (z.B. Abwasserpilz) überwachsen auch Insektenlarven, insbesondere wieder bewegungsarme Typen, deren Überleben dann durch einen Wettlauf zwischen Überwucherung und Schlüpftermin entschieden wird. Bewegliche Larven und solche mit vielen Häutungsschritten sind im Vorteil.
- Das beim Abbau entstehende feinputikuläre Material (Detritus) überlagert glatte Steinflächen, selbst in starker Strömung. Diese "Verschlammung" ist ein sehr deutlicher Hinweis auf Abwassereinfluß in optisch noch rein wirkenden

alpinen Flüssen. Alle Formen, die glatte Oberflächen brauchen, z.B. um sich mit saugnapfähnlichen Einrichtungen festzuhalten, werden benachteiligt. Detritusfresser nehmen zu.

- Feine organische Trübung fördert alle Filtrierer unter den Makrozoen, z.B. bestimmte Köcherfliegen (Hydropsyche) oder Kriebelmücken (Massenentwicklungen unterhalb von Kläranlagen)
- Die bei der Mineralisation entstehenden Pflanzennährstoffe führen zu starker Algenentwicklung. Hartsubstratbewohner des Makrozoobenthos können so entscheidend benachteiligt werden. Die in Algenaufwüchsen lebenden, pflanzenfressenden Gruppen (z.B. Zuckermückenarten) hingegen vermehren sich.

Die in den letzten Jahren erschienene Bestimmungsliteratur ermöglicht zumindest gruppenweise eine immer bessere Identifizierung der Taxa. Umfangreiche Fundlisten mit genauer Artbestimmung, saprobiellen Einstufungen und Mengenangaben haben in letzter Zeit in projektmäßigen Bearbeitungen von Flußabschnitten durch Universitäten, limnologische Institute, Bundes-, Landesstellen und private Gruppen stark zugenommen, sodaß sich allmählich für verschieden Gewässer oder Gewässertypen (z.B. alpine Flüsse) mit verschieden Reinheitsgrad eine gute Übersicht über die Makrozoobenthos-Besiedelung ergibt. So ergeben sich auch immer mehr Informationen über die Autökologie der Arten.

Vom BMFLF ist eine Auflistung der Makrozoobenthostaxa mit einer revidierten, in Österreich künftig einheitlich zu verwendenden saprobiellen Einstufung in Auftrag gegeben worden. In diesem Katalog sollen darüber hinaus auch Angaben über die Beziehung jeder Art zu Gewässertypen, zur Ernährung und Temperaturpräferenz gemacht werden. Nach Art einer "Fauna Austriaca" sollen auch (derzeit?) nicht saprobiell eingestufte Arten enthalten sein. Diese Ausweitung des Artenspektrums ist

keinswegs als übermäßiger Arbeitsaufwand zu betrachten, sondern kann bei der Artbestimmung und bei der Abschätzung der Mannigfaltigkeit der Makrozoobenthosbesiedelung eines Gewässers, insbesondere auch bei Beweissicherung, eine große Hilfe sein.

Die Vielfalt der Makrozoobenthosentwicklung in einem Fluß kann über die Diversität gemessen werden. Diversität wird definiert als "eine Bezeichnung für die Organisationhöhe einer Biozönose, ein mathematischer Ausdruck für das Arten/Individuenverhältnis in einer Biozönose (MOOG 1992).

Zwar läßt sich die Diversität nicht unmittelbar als Parameter der Saprobität verwenden, die Erfahrung zeigt aber, daß je artenreicher (Artendiversität) und gruppenreicher (Gruppendifferenz) das Makrozoobenthos eines Flusses vorgefunden wird, desto stabiler ist seine Gewässergüte und Selbstreinigungskraft, wahrscheinlich aber auch seine Natürlichkeit.

## 1.2 Aussage photoautotropher Organismen zu den Saprobienstufen

### 1.2.1 Algen

Auf dem Boden aufwachsende Algen kommen in jedem Fließgewässer vor. Schwebende, planktische Formen hingegen sind charakteristisch für Seen. Sie bilden autochthone Lebensgemeinschaften in Fließgewässern nur in Tieflandsflüssen und großen Strömen. Sie spielen in den österreichischen Flüssen selbst in den Stauräumen (ausgenommen Donau) kaum eine Rolle.

Obwohl Algenzellen mikroskopisch klein sind, werden sie durch ihre Vielzahl oder die Bildung von Fäden und Lagern für das feie Auge sichtbar, entweder als Vegetationsfärbung auf Hartsubstrat oder als Filze, Polster oder Strähnen.

Viele Saprobienkataloge enthalten lange Listen von Algenarten, versehen mit saprobiellen Valenzen, die ihren Schwerpunkt ganz überwiegend in Güteklasse II haben. Dies ist weiter nicht verwunderlich, weil Algen mit der Saprobie nur indirekt zu tun haben, nämlich über die Freisetzung von Nährstoffen nach vollendeter Mineralisation. Die Nährstoffe regen, gute Lichtverhältnisse vorausgesetzt, die Photosynthese an, bei der gegenläufig zum Sauerstoffverbrauch beim Abbau, nun Sauerstoff erzeugt wird. Algen und Makrophyten sind also Trophieanzeiger.

Trophie wird definiert als "Intensität der Produktion organischer Substanz durch Photosynthese (Primärproduktion) (ÖNORM M 6232). Sie ist unter anderem die Ursache dafür, daß nach einer einmal eingebrachten Verschmutzung kaum jemals die Güteklasse I (oligosaprobe Stufe) wieder erreicht wird, da nun die Algen stark zur Autosaprobität beitragen, wenn sie absterben. Meist können nur große reine Zuflüsse die Oligosaprobie wiederherstellen.

Da sie Trophieanzeiger sind, sind die grünen Pflanzen auch nicht in die Indikatorenliste der DIN 38410, Teil 2, aufgenommen worden (FRIEDRICH 1990).

Dennoch gibt es auch unter den Algen einige eng mit der Saprobie verknüpfte Arten. Es sind wenige Grünalgen (z.B. Stigeoclonium) und insbesondere Kieselalgen. Nach neueren Erkenntnissen erscheint es aber nicht sinnvoll, sie in einen Saprobienindex miteinzurechnen. Statt dessen hat LANGE-BERTALOT (1978, 1979) ein Verfahren entwickelt, welches auch in Österreich schon mit Erfolg angewendet wurde. Es handelt sich dabei um eine quantitative Analyse des Kieselalgenaufwuchses, bei der drei Indikatorgruppen unterschieden werden, nämlich eine sensible (artenreiche), eine tolerante (artenarm) und eine resistente (sehr artenarm) Gruppe. Diese Gruppierung erlaubt es, Kieselalgen als Kriterium für die Bewertung nach Güteklassen zu verwenden.

Beobachtungen über die Algenentwicklung im Gewässer und die einfache mikroskopische Analyse des Algenaufwuchses allerdings liefern bei der Feststellung der Saprobiestufen einige wichtige Hintergrundinformationen:

- Oft ist der Algenaufwuchs mit Moosen, anderen Makrophyten, aquatischen Flechten, Pilzen und Bakterien vergesellschaftet und von Einzellern und kleinen Makrozoen (Fadenwürmern, Naididen) bewohnt, die ohne Aufwuchsuntersuchung unentdeckt bleiben würden. In der Routinearbeit der Gewässergütebestimmung muß in Ermanglung von Spezialisten die Bearbeitung von Bakterien und Einzellern oft zusammen mit dem Algenaufwuchs vorgenommen werden.
- Auf glatten Felsflächen bieten Algenbestände einen Lebensraum für Makrozoen, die dort sonst kein Substrat finden könnten (Hydurusbestände, BRETSCHKO 1992).
- Geringe Algenentwicklung (wenig Nährstoffe) prägt dem Gewässerboden eine für das menschliche Auge strukturlose Vegetationsfärbung auf, starke Algenentwicklung kann den ganzen Gewässerboden mit Postern oder Strähnen eindecken und wie ein Filter wirken. So können Algen zur Selbstreinigung beitragen, gleichzeitig aber auch starke Schwankungen des Sauerstoffgehaltes verursachen. Die Erhöhung der Autosaprobität wurde schon erwähnt.
- Ständige Trübungen des Wasser verhindern den Algenwuchs oder halten ihn kurz. Es entstehen typische Wuchsbilder, wenn z.B. ein Wechsel der Trübung zwischen Tag und Nacht erfolgt, bei gleichzeitigen regelmäßigen Abflußschwankungen.
- Die Bildung von Algenfilzen (meist Blaualgen mit Gallertehüllen) auf trockenfallendem Schlamm sind typisch für Schwall-Sunk-Phänomene. Auf ständig überflossenem aber instabilem Sandboden entstehen ebenfalls charakteristische Aufwüchse.

- Der Algenwuchs kennzeichnet stets die Steinoberseiten. Sind diese durch Schwallenwirkung nach unten gedreht, so wird die Kraft der Strömung sichtbar, bei der auch Makrozoen stark dezimiert werden können. Solche Gewässer können rein aussehen, sind aber verödet, sodaß sie nach Saprobienstufen gar nicht beurteilt werden können. Bleibt der Schwall im selben Fluß einige Zeit aus, so kann sich der Boden dicht mit Algenaufwuchs bedecken und damit eine starke Eutrophierung anzeigen. Ein solcher Fluß ist nachhaltig gestört.

Die Reaktionszeit von Algenaufwuchs auf Milieuveränderungen bewegt sich nach KLEE (1991) in der Größenordnung von Tagen.

### 1.2.2 Makrophyten (Höher Wasserpflanzen)

Der Makrophyt wird definiert als "mit freiem Auge in der Regel bis auf das Artniveau bestimmbare Wasserpflanze mit funktionell gegliedertem Sproßaufbau" (ÖNORM M 6232).

Fachleute für Makrophyten sind der Ansicht (JANAUER 1992), daß Makrophyten aufgrund ihrer großen ökologischen Amplitude, aber auch wegen ihres vielfach vom Menschen beeinflussten Vorkommens (ohne Abwasserwirkung) nur mit Hilfe spezieller statistischer Verfahren zur Feststellung der Saprobität geeignet sind.

Für die Prägung des Lebensraumes sind sie jedoch von großer Bedeutung. Sie können nur auf wenig bewegtem Substrat und in langsamer bis mäßiger Strömung (maximal 0,8 m/s) leben und sich nur sehr schwer gegen die Strömung ausbreiten. Ihre Bestände strukturieren den Lebensraum in horizontaler und vertikaler Richtung und stellen für den Mikroaufwuchs und das Makrozoobenthos ein großflächiges Substrat zur Verfügung. In besonders nährstoffreichen Gewässern unterliegen sie unter Umständen der Konkurrenz der Algen, welche sie überwachsen und sogar unterdrücken können. Makrophytenbestände können für treibende Partikel wie Filter wirken.

Der Aufbau von Makrophytenbeständen liefert Informationen über die Natürlichkeit von Fließgewässern. Mit ihrer Hilfe läßt sich eine unabhängige Typisierung der Fließgewässer aufstellen (ÖNORM M 9232).

## 2. ENTWICKLUNG, MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER SAPROBIOLOGIE

### 2.1 Geschichte und gegenwärtiger Stand

Die Gewässergütekunde besteht seit 140 Jahren, die Wissenschaft von den Binnengewässern und ihrer Organismenwelt (Limnologie) seit 120 Jahren (MOOG 1991). Die Herausgabe von Gütekarten nach der Münchner Methode (LIEBMANN 1969) wurde in Österreich ab den Sechzigerjahren eingeführt, die intensive Befassung der Fließgewässersforscher mit der Gewässergüte erfolgte aber erst vor gut zehn Jahren. Seit zwei Jahren ist die Ökologie der Gewässer im Gesetz verankert (Ökologische Funktionsfähigkeit).

Die Bewertung der Gewässer nach Güteklassen (organische Belastung nach Saprobienstufen) im herkömmlichen Sinn ist heute in eine Schere der Kritik geraten. Von Seiten der Wissenschaft bestanden seit jeher Einwände gegen den empirischen Charakter des Saprobien-systems. Eine andere Art der Kritik, jedoch häufig mit der vorgenannten verknüpft, kommt aus den Reihen von Juristen und Technikern, die auf Standardisierung und Vereinheitlichung drängen und klare Entscheidungsgrundlagen haben wollen.

Nicht wenige Stimmen erhoben sich daher für Abschaffung der Güteklassen zugunsten exakt messender Fachrichtungen, optimistischerweise auch unter der Begründung, daß die Gütekarten infolge der heute weit fortgeschrittenen Klärung organischer Abwässer künftig ohnehin nur mehr die grüne Farbe (Güteklasse II) zeigen würden.

Dem gegenüber stehen die bekannten Vorzüge der biologischen Analyse gegenüber Augenblicksbefunden und die Tatsache, daß Bewertungen nach dem Saprobiensystem durch erfahrene Bearbeiter kaum größere Unterschiede der Ergebnisse aufwiesen. Die Befürworter des Saprobiensystems lassen jedoch folgende Kritik gelten:

- Das Wissen um die Autökologie der Arten ist allgemein noch zu gering.
- Die saprobielle Einstufungen der Taxa und die Berechnung des Saprobienindex sind uneinheitlich.
- Auf den zu bewertenden Gewässertyp wurde bisher viel zu wenig Rücksicht genommen
- Wenn keine organische Belastung vorliegt, bzw. die wichtige Fragestellung ist, sondern andere schwerwiegende Gewässerbeeinträchtigungen, so ist das Saprobiensystem bzw. das Saprobiensystem alleine und die damit verbundene Bewertung nach Güteklassen falsch angewendet.

## 2.2 Wandlung des Begriffs Gewässergüte

Die jahrelangen Diskussionen um Vereinheitlichung der Methodik und Bewertung haben bisher weder international noch national zu einer befriedigenden Lösung geführt. So lange lediglich die Wasserverunreinigung und ihre durch die Saprobie-stufen erfaßten Folgeerscheinungen im Gewässer als schädlich betrachtet wurde, war die Wassergüte oder Gewässergüte (wechselnd verwendete, undefinierte Begriffe) ein durch die Güteklassen beschriebener Begriff. Inzwischen sind aber auch andere anthropogene Einflüsse auf die Gewässer als schädlich erkannt worden. Der Begriff der Gewässergüte in der alten Form scheint daher vielen zu enggefaßt, umso mehr, als Abwasserteinwirkungen und andere Schädigungen oft gleichzeitig auftreten.

In dem ersten Vorschlag der BA f. Wassergüte (1985) zur Richtlinie für die Feststellung der biologischen Gewässergüte von Fließgewässern (BMfLF 1990) wurde der Ausdruck "biologische Gewässergüte" verwendet, um den Begriff von den Ergebnissen der Fachgebiete Chemie und Bakteriologie abzugrenzen. Auch andere Autoren sahen einen Vorteil darin, die für "Nutzer" wesentlichen Aspekte der Gewässergüte durch ein vorge-setztes Adjektiv zu präzisieren (ILLIES & SCHMITZ, 1980). MOOG (1991) bringt folgende Aufstellung:

Nutzungsbezogener Gütebegriff	Art der Gewässerbelastung
saprobielle Gewässergüte	abbaubare organische Stoffe
trophische Gewässergüte	Nährstoffe
toxische Gewässergüte	Gifte
thermische Gewässergüte	Wassertemperatur
ökomorphologische Gewässergüte	wasserbauliche Eingriffe
hydrologische Gewässergüte	Wasserhaushalt (z.B. Schwall, Restwasser)
radiologische Gewässergüte	Radioaktivität
acidologische Gewässergüte	Versauerung
fischereiliche Gewässergüte	Bonitätsverminderung
trinkwasserbezogene Gewässerg.	Hygienebeeinträchtigung
badewasserbezogene Gewässerg.	organoleptische und hygienische Belastungen

Zur Klärung der Begriffe Wassergüte und Gewässergüte haben MEISRIEMLER & MÜLLER (1985) einen wichtigen Beitrag geleistet.

Die oben gebrachte Aufstellung zeigt die Vielfalt der Bedeutung innerhalb eines in Wandlung befindlichen Begriffs. Wie alle diese "Güten" zu verbinden wären ist eine andere Frage. Man könnte sie jedoch, obwohl "nutzungsbezogen", sehr gut dem Oberbegriff der Ökologischen Funktionsfähigkeit unterstellen, welcher ja alle diese Facetten der Gewässerbewertung beinhalten

sollte. Eine Diskussion über den Begriff "Nutzung" in diesem Zusammenhang drängt sich auf.

Die Ökologische Funktionsfähigkeit wird definiert als die "Fähigkeit zur Aufrechterhaltung des Wirkungsgefüges zwischen dem in einem Gewässer und seinem Umland gegebenen Lebensraum und seiner organismischen Besiedelung entsprechend der natürlichen Ausprägung des betreffenden Gewässertyps (Erhaltung von Regulation, Resilienz und Resistenz)" (ÖNORM M 6232).

### 3. EINORDNUNG SAPROBIOLOGISCHER UNTERSUCHUNGEN IN DIE ÖKOLOGISCHE UNTERSUCHUNG VON FLIESSGEWÄSSERN

Wie die Ausführungen zu den heterotrophen und photoautotrophen Organismen als Indikatoren der biologischen (=saprobiologischen) Gewässergüte deutlich machen, sind saprobiologische Untersuchungen ganz eindeutig ökologische Untersuchungen. Und obwohl durch sie die Folgen einer organischen Wasserverunreinigung aufgedeckt werden, liefern sie nicht die Beurteilung einer Wassergüte, sondern einer Gewässergüte, da das Gewässer in seiner Gesamtheit auf die Wasserverunreinigung reagiert.

Bei der Erstellung der ÖNORM M 6232 "Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern" haben sich nach Meinung der Autorin drei sehr wichtige, bisher noch nicht in dieser Schärfe ausgesprochene Klarstellungen ergeben:

- 1) Die Wege einer anthropogenen Beeinträchtigung von Fließgewässern führen, zunächst gut trennbar, über
  - a) das Wasser (z.B. Wasserverunreiniger)
  - b) die Morphologie (z.B. wasserbauliche Maßnahmen)
  - c) die Hydrologie (z.B. Ableitungen, Schwall, Einstau)

Eine Bewertung nach der biologischen Gewässergüte (Güteklassen, Saprobienstufen) ist nur für Pt. a sinnvoll.

2) Es muß vermieden werden, einfache Bewertungskriterien (z.B. Befunde einzelner Fachrichtungen, hervorgehend aus der belebten oder unbelebten Komponente des Systems, s. Abb. 3) mit komplexen Kriterien (z.B. Gewässergüte, Stoffhaushalt) zu vermengen. Das Prinzip des "pars pro toto" führt nur bei sehr einseitiger Fragestellung oder sehr einfachen Fällen zu einer sinnvollen Bewertung. Abbildung 3 soll das erläutern. Es wird darin, da es sich um die Vorgangsweise bei der Beurteilung von menschlichen Eingriffen am Gewässer handelt, zwischen Mensch und Ökosystem, sowie der belebten und unbelebten Komponente des Systems eine scharfe Trennlinie gezogen. Das Diagramm versucht darzustellen, wie einfache zu komplexen Kriterien verbunden werden, die ihrerseits zu Teilbeurteilungen des Gewässerzustandes führen. Alle Teilbeurteilungen müssen letztlich bei der Beurteilung der ökologischen Funktionsfähigkeit verwendet werden. Abbildung 3 ist der Versuch, den Untersuchungsgang zur Beurteilung eines Gewässers als Lebensraum im Schema darzustellen. Die untersuchenden Fachgebiete sind entsprechend den heute tätigen Spezialgebieten benannt, die Untersuchungsergebnisse nach den heute in der Praxis üblichen Fragestellungen.

Die Grafik zeigt:

- a) Die Einordnung der Auto- und Heterotrophen im Untersuchungsverlauf
- b) Den möglichen Umfang einer ökologischen Untersuchung
- c) Aber auch, daß sich ökologische Untersuchungen auf eine bestimmte Fragestellung beschränken und entsprechend geplant werden können. Für einen Begutachter, der zunächst mit sich selbst diskutiert, wie er eine Untersuchung anlegen soll, könnte das Schema als eine Art Checkliste Hilfestellung leisten.
- d) Belebte und unbelebte Systemkomponenten müssen gleichermaßen berücksichtigt werden.
- e) Ökologische Untersuchungen und Beurteilungen sind eine Teamarbeit verschiedener Fachrichtungen, die sich auf eine Strategie einigen müssen. Die Beiträge jedes einzelnen Fachgebietes zur Untersuchung können je nach Pro-

blemstellung sehr unterschiedlich sein. Fachprestige darf keine Rolle spielen.

- 3) Jede Bewertung muß eine Maßstab haben. In der ökologischen Bewertung wird von Leitbildern ausgegangen.

Ein Leitbild der biologischen Gewässergüte ist bisher zwar noch nie ausdrücklich gefordert worden, war unausgesprochen aber stets im Bewußtsein der Bearbeiter gegenwärtig. Wenn bei morphologischen Gewässerbeeinträchtigungen die natürliche Morphologie als Bewertungsmaßstab gesetzt wird, so kann die Idee des Leitbildes aber wohl auch in die Saprobiologie Eingang finden.

Bewertungen haben stets mit Qualitäten zu tun, die zahlenmäßig schwer erfaßbar sind, gleichzeitig aber mit absoluten Dimensionen der menschlichen Wahrnehmung zu tun haben (z.B. was das menschliche Auge noch sieht). Diese orientiert sich zunächst am Gewässertyp und an dem, was von Natur aus da sein oder auch nicht sein sollte (z.B. sichtbare Algenbeläge, graue statt grüne Farbe des Gewässerbodens, dumpfer Geruch etc.). BRAUKMANN (1987) hat bei seiner Gewässertypisierung die natürliche organische Belastung berücksichtigt und in Saprobienindices ausgedrückt. So gibt er den typenspezifischen saprobiellen Grundzustand bei Gebirgsbächen mit  $SI = 0,7 \pm 0,2$ , bei Bergbächen mit  $SI = 1,0 \pm 0,3$  und bei Flachlandbächen mit  $SI = 1,7 \pm 0,3$  an.

Bei Güteuntersuchungen an sehr verschiedenen Gewässern kommt man ganz automatisch auch bei der Untersuchungsstrategie zu einer Anpassung an den Gewässertyp. In schnellfließenden Flüssen wird die organische Belastung zuerst im Mikrobereich sichtbar, bei langsamer Strömung ist eine Belastung schon im Makrobereich deutlich. In Staubereichen hingegen muß man bereits Zonierungen berücksichtigen.

#### 4. AUSBLICK UND ZUSAMMENFASSUNG

- Heterotrophe und autotrophe Organismen sind nach wie vor gute Beurteilungskriterien für die Bewertung der biologischen (=saprobiologischen) Gewässergüte.
- Die biologische Gewässergüte wird sich künftig mehr am Gewässertyp und an dessen unbeeinflusstem natürlichen Zustand orientieren müssen, letztlich auch an einem "saprobiologischen Leitbild"
- Die biologische (=saprobielle) Gewässergüte ist ein Teilaspekt der Ökologischen Funktionfähigkeit und wird in der ÖNORM M 6232 auch als solcher eingeordnet.
- Das autökologische Wissen wird durch die Fließgewässerforschung ständig vermehrt. Die Aufstellung einer österreichischen Faunenliste, in der neben saprobiellen Einstufungen auch Angaben zur Ökologie gemacht werden, eröffnet einen aussichtreichen Weg zur Berücksichtigung verschiedener Gewässertypen auch in der Saprobiologie.
- Die Empirie wird aus einem System in dem vom Menschen gesetzte Wertmaßstäbe eine Rolle spielen, nicht eliminiert werden können. Sie bleibt, wenn auch auf zunehmend höherer Ebene, erhalten, selbst wenn getrachtet wird, durch erhöhten Einsatz von Meßwerten und von Befunden aus verschiedenen Fachgebieten zu einer besseren Beschreibung und einem tieferen Verständnis des Ökosystems zu gelangen.

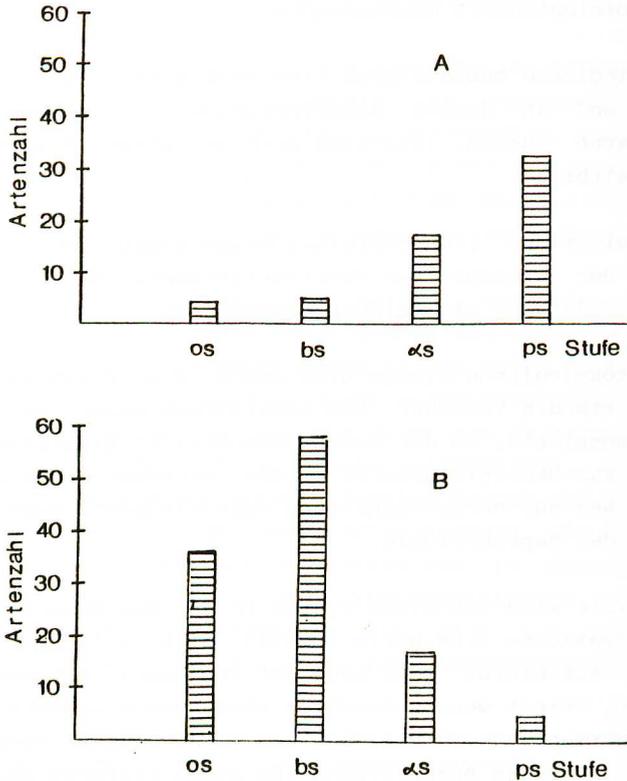


Abb. 1: Ernährungstypen im Saprobiensystem (nach LIEBMANN 1962)  
2 Beispiele

- A: **Bakterienfresser** (u.a. Ciliaten) im Gefolge starker Bakterienentwicklung, in der  $\alpha$ -meso- und polysaprobien Stufe erhöhte Artenzahlen
- B: **Autotrophe** (hpts. Algen) entsprechend der zur Verfügung stehenden Nährstoffe, besonders hohe Artenzahl in der  $\beta$ -mesosaprobien Stufe.

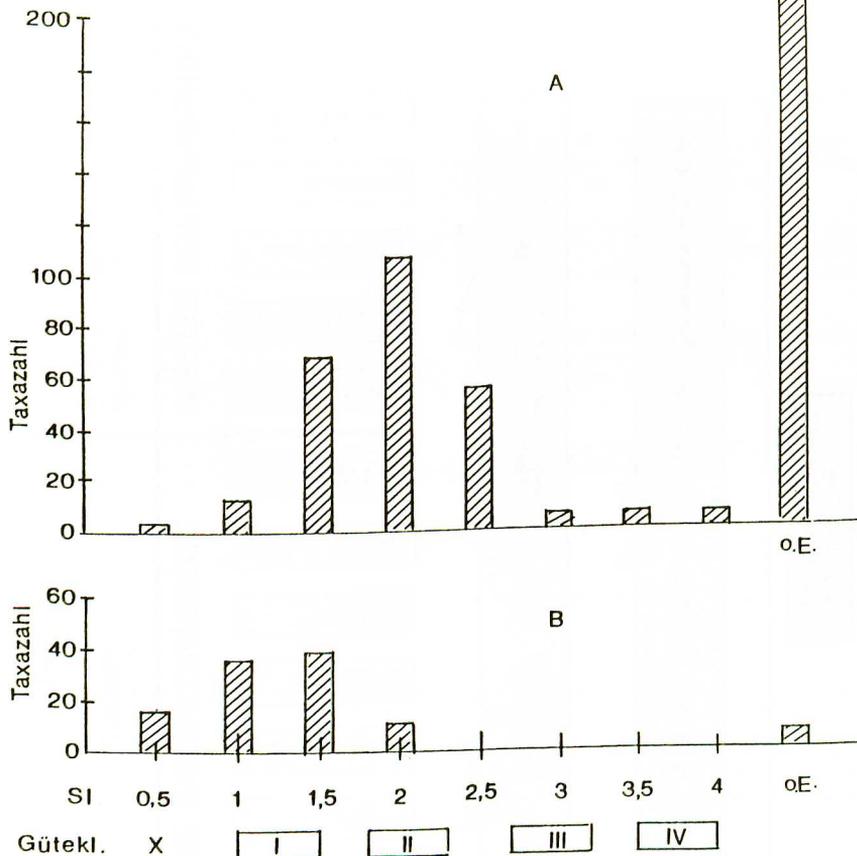


Abb. 2: Beispiele der Zuordnung von Makrozoobenthos-Großgruppen zu Saprobienindex und zu Güteklassen (nach MÜLLER et al. 1992)

A: **Chironomidae** (Zuckmücken): Gruppe mit großer ökologischer Amplitude, große Zahl bekannter Taxa, davon ein großer Teil nicht eingestuft (o.E.), Artbestimmung schwierig)

B: **Plecoptera** (Steinfliegen): Gruppe mit enger ökologischer Amplitude (vorwiegend Reinwasseranzeiger), viel weniger Arten, wenige ohne Einstufung (o.E.), Taxonomie revisionsbedürftig (x = xenosaprobe Stufe, völlig unbelastet)

(Einstufung nach SLADECK 1981 u. Angaben d. BOKU Wien, Univ. Salzburg und Erfahrung der Autoren)

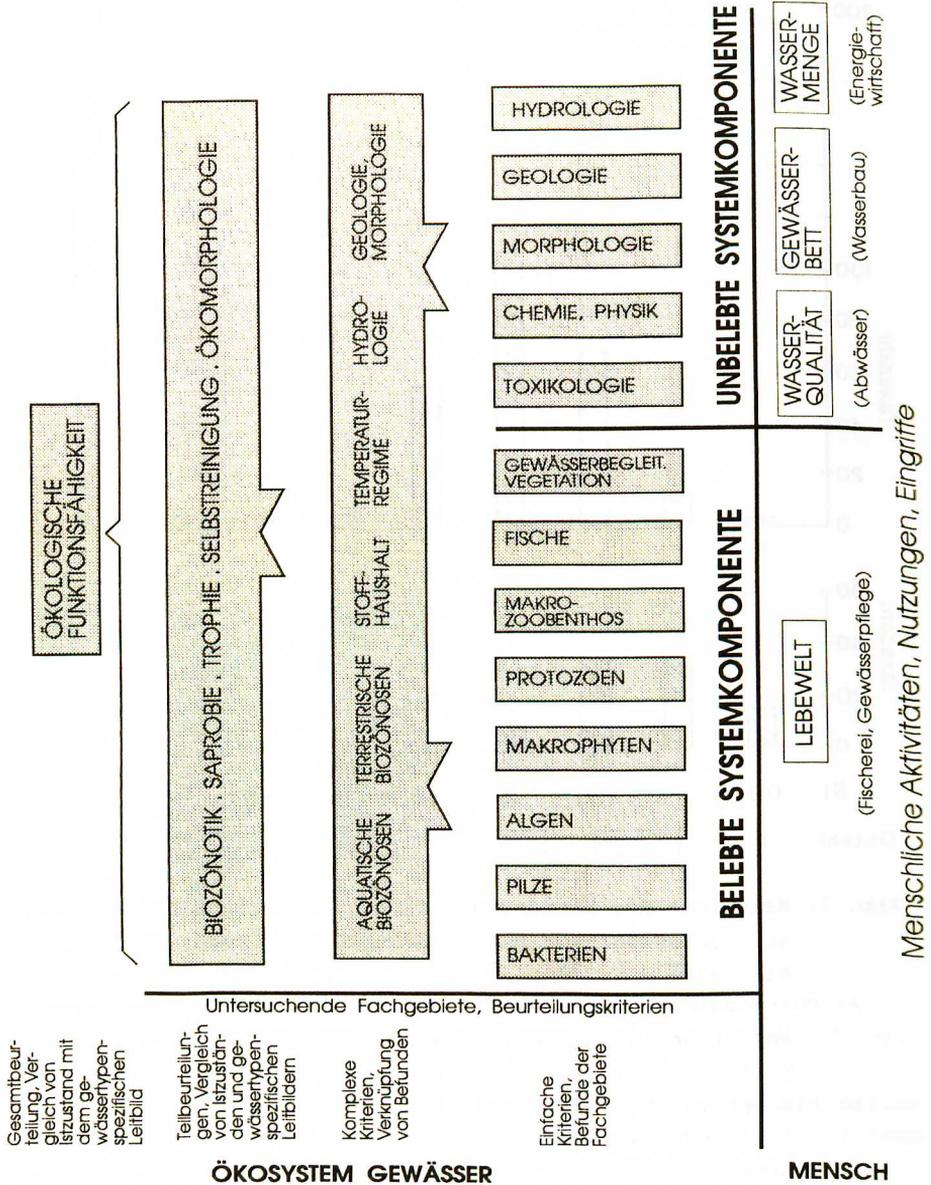


Abb. 3: Darstellung der Beurteilung eines Gewässers als Lebensraum (nach ÖNORM M 6232)

LITERATUR

- BRAUKMANN, U.: Zoozöologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. Arch. Hydrobiol., Beih. Ergebnisse d. Limnologie 26. 1-355 (1987)
- BRETSCHKO, G. (Hrsg.): Limnologische Untersuchung der Salzach. Bereich mittlere Salzachh II. Synthesis der Endberichte: Untersuchung von Güte und Selbstreinigungskraft. Lunz/See, 1-65 (1992)
- BUNDESANSTALT FÜR WASSERGÜTE, Wien-Kaissermühlen: Empfehlungen für die Feststellung der biologischen Gewässergüte von Fließgewässern. Beilage zu VST-1505/28-1985 vom 21.6.1985, 1-23 (1985)
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- u. FORSTWIRTSCHAFT: Richtlinie für die Feststellung der biologischen Gewässergüte von Fließgewässern, 1-32 (1990)
- DANECKER, E.: Makrozoobenthosproben in der biologischen Gewässeranalyse. Wasser u. Abwasser, Wien, 30, 325-406 (1986)
- DANECKER, E.: Das Makrozoobenthos in Fluß-Stauen. Überlegungen zur Güteinstufung. Wasser u. Abwasser, Wien, 31, 239-279 (1987)
- DIN 38 410: Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M). Bestimmung des Saprobienindex (M 2), Teil 2 (Okt.1990)
- FOISSNER, W., BLATTERER, H., BERGER, H., KOHMANN, F.: Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems, Bd. I, Bayerisches Landesamt f. Wasserwirtschaft, Informationsberichte 1/91 (1991)
- FOISSNER, W., BERGER, H., KOHMANN, F.: Taxonomische und ökologische Revision der Ciliaten des Saprobiensystems, Bd. II. Bayerisches Landesamt f. Wasserwirtschaft, Informationsbericht 5/92 (1992)
- FRIEDRICH, G.: Eine Revision des Saprobiensystems. Z.f. Wasser-Abwasser-Forsch. 23, 141-152 (1990)
- ILLIES, J, SCHMITZ, W.: Die Verfahren der biologischen Beurteilung des Gütezustandes der Fließgewässer. Studien zum Gewässerschutz 5, 1-125 Karlsruhe (1980)
- JANAUER, G.: Vorschläge zur ÖNORM M 6232, unveröffentlicht (1992)
- KLEE, O.: Angewandte Hydrobiologie. Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 2. Aufl. (1991)
- KOHL, W.: Über die Bedeutung bakteriologischer Untersuchungen für die Beurteilung von Fließgewässern, dargestellt am Bei-

- spiel der österreichischen Donau. Arch. Hydrobiol. Suppl. 44 (Donauforschung), 392-461 (1975)
- LANGE-BERTALOT, H.: Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen, ein geeignetes Kriterium der Gewässerbelastung. Arch. Hydrobiol. Suppl. 51, 393-427 (1978)
- LANGE-BERTALOT, H.: Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung. Arch. Hydrobiol. Suppl. 56, 184-219 (1979)
- LIEBMANN, H.: Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie. Oldenbourg München, 1. Bd. (1951)
- LIEBMANN, H.: Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie. Oldenbourg München, 1. Bd. (1962)
- LIEBMANN, H.: Der Wassergüteatlas, Methodik und Anwendung. Münchner Beiträge z. Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, 15. (1969)
- MEISRIEMLER, P. MÜLLER, G.: Beurteilung der Güte von Fließgewässern. Kritische Überlegungen zur Terminologie und Methodik. Ö. Wasserwirtschaft 37, 3/4, 93-98 (1985)
- MOOG, O., WIMMER, R.: Grundlagen zur typologischen Charakteristik österreichischer Fließgewässer. Wasser u. Abwasser, Wien, 34, 55-211 (1990)
- MOOG, O.: Biologische Parameter zum Bewerten der Gewässergüte von Fließgewässern. 10. Seminar Landschaftswasserbau an d. TU Wien, 11, 235-266 (1991)
- MOOG, O.: Vorschläge zur ÖNORM M 6232 (unveröffentlicht) (1992)
- MÜLLER, G. et al.: Traun. Untersuchung zur Gewässergüte, Stand 1991. Gewässerschutz Bericht 1/1992. Amt d. OÖ. Landesregierung, 1-157 (1992)
- ÖNORM M 6232: Richtlinien für die ökologische Untersuchung und Bewertung von Fließgewässern. FNA 140.29 Gewässerökologie (in Ausarbeitung)
- SLADECEK, V.: System of Water Quality from the Biological Point of View. Arch. Hydrobiol. Ergebnisse d. Limnologie. Beih. 7 (1973)
- SLADECEK, V.: Biologicky Rozbor Porchove vody, Komentar k CSN 83 0532-cast, 6: Stanovení Saprobního indexu.-Praha, 185 S. (1981)

Dr. Elisabeth DANECKER  
Gattringerstr. 104  
2345 Brunn a. Geb.