

IUS

Integrierte Umwelterziehung in der Schule





Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM)

#### **Erwin Schorr**

# Wir untersuchen einen Bach

Anleitung zur Bestimmung der Güte eines Fließgewässers unter geographischen, biologischen und chemisch/physikalischen Gesichtspunkten

IUS

Integrierte Umwelterziehung in der Schule

Landesinstitut für Pädagogik und Medien LPM)

### Anhang

Außer methodischen Hinweisen enthält der Anhang Protokollbögen, einen Bestimmungsschlüssel für Bioindikatoren, eine gegliederte Literaturliste, Vorschläge für die Ausstattung mit Geräten sowie eine kurze Darstellung der Vorund Nachteile verschiedener Geräte und Hilfsmittel für die physikalischchemischen Untersuchungen. Die umfangreiche Darstellung soll Kolleginnen und Kollegen aller Schulformen und Fächer, die diese Thematik aufgreifen wollen, aus der Praxis heraus möglichst viele Tips und Hinweise geben.

#### Inhalt

:		
1.	Verschiedene Verfahren zum Nachweis gelöster Substanzen	. A1
1.	Kolorimetrische Verfahren	. A1
1.2.	Titrimetrische Verfahren	. A1
1.3.	Einsatz der Verfahren bei der Wasseruntersuchung	. A2
1.4.	Elektronische Meßgeräte zur Bestimmung von Wasserkenngrößen.	A6
1.4.1.	pH-Meter	. A6
1.4.2.	Sauerstoffmeßgerät	. A6
1.4.3.	Leitfähigkeitsmeßgerät	. A8
2	Ermittlung der Gewässergüte mit Hilfe der gewonnenen Daten	. A9
2.1.	Leistungsfähigkeit und Grenzen der biologischen und	
	chemischen Gewässergütebestimmung	. A9
2.2.	Bewertungsgrundsätze	
2.2.1.	Die biologische Gütebeurteilung	A11
2.2.2.	Die chemische Gütebeurteilung	A14
2.2.3.	Übersicht mit Anmerkungen über wesentliche chem./physik.	
	Gewässerparameter	A20
3.	Abbildungen und Tabellen	A28
4.	Literatur	A30
4.1.	Bestimmungsbücher und Bestimmungsschlüssel	A30
4.2.	Praktische Anleitungen und grundlegende Methoden	A31
4.3.	Firmenschriften mit praktischen Anleitungen	A31
4.4.	Didaktisch aufbereitete Schriften	A31
4.5.	Wissenschaftlich einführende und vertiefende Literatur	A32
5.	Firmenanschriften und Bezugsquellen für Materialien	A33
6.	Zusammenstellung einer Grundausstattung mit Geräten	
	und Hilfsmitteln	A34
7.	Bestimmungsschlüssel für Indikatororganismen	A36
8.	Protokollbögen und Vorlagen für Diagramme als Kopiervorlagen	

-A1-

#### 1. <u>Verschiedene Verfahren zum Nachweis gelöster Substanzen</u>

#### 1.1. Kolorimetrische Verfahren

•Prinzip und Methode. Um im Wasser gelöste Substanzen nachweisen zu können, bedient man sich heute vorwiegend kolorimetrischer Methoden. Dabei macht man sich die Eigenschaft vieler Substanzen zunutze, mit bestimmten Chemikalien spezifisch zu reagieren und dabei farbige Verbindungen, zu bilden. Farbton und Farbstärke der entstehenden Lösungen hängen bei diesen Nachweismethoden von der Konzentration der nachzuweisenden Substanzen ab, z.B. bilden bestimmte Reagenzien mit Nitrit einen Farbstoff, dessen Konzentration der vorliegenden Nitritmenge proportional ist. Bei pH- Messungen bildet sich durch Verwendung von Indikatorfarbstoffgemischen für jeden pH-Wert ein charakteristischer Farbton. Mit Hilfe von Vergleichsskalen läßt sich also aus Farbton und Farbstärke die Konzentration einer Substanz bestimmen.

Trübstoffe und Eigenfärbung des Wassers können das Meßergebnis negativ beeinflussen. Deshalb muß man warten, bis sich die Trübstoffe abgesetzt haben, oder die Wasserprobe wird filtriert.

Eine stärkere Eigenfärbung muß kompensiert werden. An der Behandlung der zu untersuchenden Wasserprobe ändert sich dabei nichts. Für den Farbvergleich füllt man eine Kompensationsküvette mit Wasser der Probe, dem keine Reagenzien zugesetzt werden. Bei dem Farbvergleich wird diese Kompensationsküvette über die Farbvergleichsstandards gehalten und auf diese Weise die Eigenfarbe der Lösung kompensiert.

#### 1.2. Titrimetrische Verfahren

Prinzip und Methode. Bei solchen Wasserinhaltsstoffen, die sich nicht definiert in abgestuft farbige Verbindungen überführen lassen, wird die. Bestimmung ihrer Konzentration titrimetrisch durchgeführt. Bei diesem Verfahren gibt man aus einer Pipette solange tropfenweise Titrationslösung zu dem genau abgemessenen

Volumen Prüfflüssigkeit, bis ein vorher zugesetzter Indikator umschlägt, d.h. plötzlich seine Farbe wechselt. Die Titrationslösung ist eine Maßlösung, die mit der Prüfflüssigkeit reagiert. Sie wird so lange zugegeben, bis das Titrationsgefäß äquivalente Mengen der reagierenden Stoffe enthält d.h. die darin enthaltenen Stoffmengen miteinander reagieren, ohne daß von dem einen oder anderen Stoff etwas übrigbleibt. Die Menge der bis zum Farbumschlag des Indikators verbrauchten Titrationslösung entspricht dementsprechend der Konzentration der gesuchten Substanz in der Wasserprobe.

#### 1.3. Einsatz der Verfahren bei der Wasseruntersuchung

Mit Geräten des Schullabors. Prinzipiell lassen sich diese Methoden für die meisten Substanzen auch in der Schule mit der Ausstattung des Chemielabors durchführen. Dazu werden Lösungen unterschiedlicher Konzentrationen (sog. Standards) der nachzuweisenden Substanz hergestellt. Diese werden nun mit den Nachweisreagenzien genauso versetzt wie die Wasserprobe unbekannter Konzentration. Durch den Farbvergleich der Wasserprobe mit den Standards läßt sich die gesuchte Konzentration in etwa bestimmen. An einen Einsatz dieser Methode im Gelände ist jedoch nicht zu denken, da der apparative Aufwand zu groß ist. Hinzu kommt, daß chemische Kenntnisse Voraussetzung sind, die häufig nicht vorhanden und für die Verwendung des zu bestimmenden Wertes auch nicht dringend notwendig sind.

Mit Schnelltestbestecken. Diese Problematik ist nicht nur für die Schule typisch. Sie tritt im Grunde genommen in allen Bereichen auf, wo rasch und zuverlässig Wasser auch von ungelernten Kräften auf seine Inhaltsstoffe hin untersucht werden muß, wie z.B. in Kesselhäusern, Kläranlagen, Schwimmbädern, verschiedenen industriellen Bereichen. Sie wurde von verschiedenen Firmen bereits vor einiger Zeit erkannt, und sie entwickelten eine Reihe von Schnelltestbestecken, die es auch dem "chemischen Laien" ermöglichen, rasch und unkompliziert brauchbare Werte zu erhalten.

Der Analysenbereich dieser Testbestecke ist auf die gesetzlichen Vorgaben abgestimmt. Soweit die Anforderungen an einen Schnelltest es zulassen, basieren sie auf den Methoden der Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung der Gesellschaft Deutscher Chemiker.

Vorteile der Testbestecke. Der entscheidende- Vorteil dieser Testbestecke ist die schnelle und unproblematische Handhabung. Chemikalien und Geräte zur Bestimmung eines Wasserinhaltsstoffes, z.B. des Sauerstoffgehaltes, sind aufeinander abgestimmt; die Bedienungsanleitungen i.d.R. so abgefaßt, daß sie auch von jüngeren Schülern verstanden und. umgesetzt werden können.

Wasserkoffer und Einzelbestecke. Angeboten werden diese Testbestecke in Form von Analysenkoffern, in denen Einzelbestecke für bestimmte Zwecke, z.B. für die Ermittlung der Wassergüte und der Verschmutzung bei Auftreten von vorwiegend kommunalen Abwässern, entweder bereits zusammengestellt sind oder nach eigenem Bedarf zusammengestellt werden können.

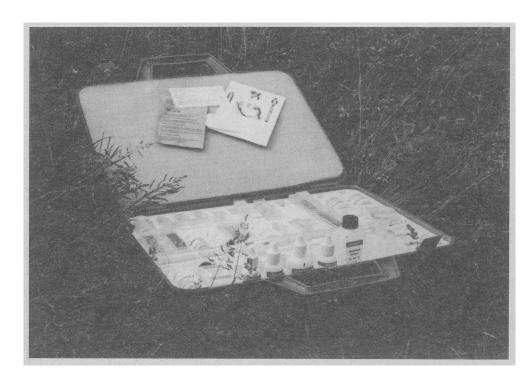


Abb. A1: Analysenkoffer der Firma MACHEREY - NAGEL

-A5-

Angeboten werden aber auch Einzeltestbestecke, bei denen alle für die Bestimmung eines Parameters notwendigen Reagenzien und Geräte in einer kleinen stabilen Kunststoffbox enthalten sind. Die Menge der Reagenzien reicht bei diesen Einzeltestbestecken für etwa doppelt so viele Analysen wie bei denen des Koffers.

**Haltbarkeit.** Die garantierte Haltbarkeit der Reagenzien ist unterschiedlich. Für Testbestecke, bei denen keine Einschränkung bezüglich der Haltbarkeit vermerkt ist, wird sie z.B. für 18 Monate garantiert, bei Testbestecken für Analysenkoffer für mindestens 12 Monate (Macherey-Nagel).

Sowohl für den Analysenkoffer, als auch für die Einzelbestecke werden Reagenzien-Nachfüllpackungen angeboten, sodaß unbrauchbar gewordene oder aufgebrauchte Chemikalien relativ preiswert ersetzt werden können.

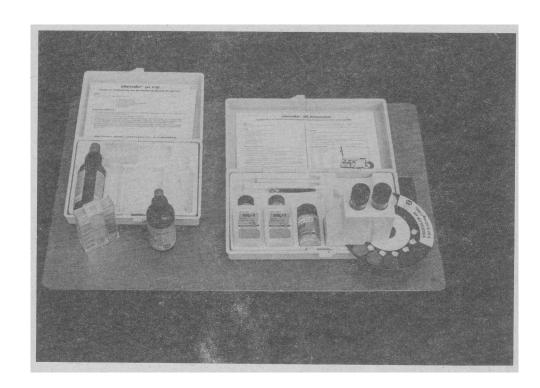


Abb. A2: Einzeltestbestecke der Fa. NACHEREY - NAGEL (links für pH-Wert-, rechts für Ammonium-Bestimmung)

- •Entscheidungshilfe für die Anschaffung. Vor der Entscheidung darüber, welche Analysesets im Koffer oder als Einzeltestbestecke angeschafft werden sollen, sollten folgende Fragen geklärt werden:
- Welche Wasserqualität und -inhaltsstoffe sind in dem Gewässer, das untersucht werden soll, zu erwarten?
- Welches Alter und welchen Wissensstand haben die Schüler?
- Welche Anzahl von Analysen wird voraussichtlich im Jahr durchgeführt?

Es hat wenig Sinn, Testbestecke anzuschaffen für Parameter, die in dem zu untersuchenden Gewässer mit großer Wahrscheinlichkeit keine Rolle spielen. Hinweise darauf kann man u.U. von Angelsportlern oder Bachpaten erhalten.

Es hat außerdem wenig Sinn, Werte zu messen, deren Bedeutung und ökologische Beziehungen. den Schülern aufgrund ihres Wissensstandes nicht plausibel gemacht werden können. Einige wenige Werte zu messen, diese aber sorgfältig aufzuarbeiten, ist der didaktisch sinnvollere Weg.

Ist zu erwarten, daß viele Analysen innerhalb des Verfallszeitraumes der Testchemikalien durchgeführt werden, dann ist die Anschaffung der Einzeltests kostengünstiger, als die Anschaffung des Koffers. Eine Zusammenstellung von Einzeltestbestecken für dieselben Parameter ist gegenüber dem entsprechend ausgestatteten Koffer nur ca. 10-15 DM teurer (Preisvergleich beim Angebot der Fa. Macherey - Nagel). Der Koffer hat zweifellos den Vorteil der Handlichkeit. Methodisch gesehe, haben die Einzeltestbestecke jedoch einen gewissen Vorteil: man kann sie problemlos im Gelände oder auch im Praktikumsraum unter die Arbeitsgruppe verteilen und die Schüler selbständig damit arbeiten lassen.

#### -A7-

#### 1.4. Elektronische Meßgeräte zur Bestimmung von Wasserkenngrößen

#### 1.4.1. pH-Meter

Vor- und Nachteile. Für die pH-Wertbestimmung wird mittlerweile eine Vielzahl von Meßgeräten angeboten, vorwiegend mit digitaler Anzeige. Teurere Geräte erlauben neben der pH-Wertmessung auch die Temperatur- und die Redoxpotentialmessung und besitzen eine automatische Temperaturkompensation. Im Vergleich zu anderen Möglichkeiten pH-Werte zu bestimmen, z.B. Indikatorpapieren, -Lösungen oder Teststäbchen, sind diese Geräte wesentlich teurer. Die Meßketten sind relativ empfindlich und beim Einsatz im Gelände können sie schon mal zu Bruch gehen. Ein Ersatz ist dann eine kostspielige Angelegenheit. Billigere Geräte, wie sie manchmal im Gartenfachhandel angeboten werden, sind unzuverlässig. Zumindest gute Geräte, deren Preis etwa zwischen 300 - 800 DM liegt, zeigen, bei guter Pflege und sorgfältiger Eichung, pH-Werte auf Hundertstel genau an. Vor einer Anschaffung sollte man auch hier Kosten und Nutzen miteinander vergleichen.

#### 1.4.2. Sauerstoffmeßgerät

Vor- und Nachteile. Ähnliche Überlegungen wie für die Anschaffung eines pH-Meters gelten auch für das Sauerstoffmeßgerät. Sein Anschaffungspreis liegt bei ca. 1 100 DM (Fa. Mauer), während ein Testbesteck für die Bestimmung des Sauerstoffgehaltes von etwa 120 Wasserproben ca. 70 DM kostet. Vorteilhaft für schnelle Messungen ist die Kompensation von Luftdruck und Temperatur und die Umschaltbarkeit von mg/l auf % Sättigung. Da die Werte rasch ermittelt werden können, hat sie vor allem Vorteile bei Reihenmessungen. Nachteilig ist jedoch der teure Ersatz der empfindlichen Sauerstoffelektrode (640 DM) nach einer Beschädigung oder wenn sie durch unsachgemäße Lagerung unbrauchbar wurde. Irritiert waren nach meinen Erfahrungen nicht nur Schüler sondern auch Kollegen von der Tatsache, daß die Digitalanzeige beim Messen nicht zur Ruhe kommt. Nach der

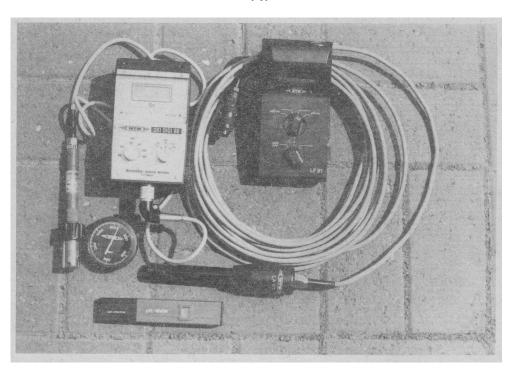


Abb. A3: Elektronische Meßgeräte zur Wasseruntersuchung links: Sauerstoffmeßgerät mit Sauerstoffelektrode und Barometer, rechts: Leitfähigkeitsund Temperaturmeßgerät mit langem Kabel, zur Tiefenmessung, unten: Taschen-pH-Meter

Herstellervorschrift des von mir eingesetzten Gerätes (Fa. Wiss. Techn. Werkstätten, Weilheim) muß das Wasser beim Messen mit einer Geschwindigkeit von ca. 30 cm/s an der Elektrode vorbeiströmen, wenn Meßfehler vermieden werden sollen. Dadurch kommt die Anzeige nicht zur Ruhe, und man muß versuchen, einen Mittelwert zu schätzen.

Probleme gibt es auch bei der Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (s. u. BSB-Bestimmung). Dadurch, daß die Elektrode in Proben eingetaucht werden muß, in denen die Sauerstoffzehrung im Verlauf von zwei oder fünf Tagen gemessen werden soll, kommt es zu einem Sauerstoffeintrag und damit zu Ungenauigkeiten. Hinzu kommt, daß entsprechend der Herstellervorschrift auch das Wasser in der BSB-Probe bewegt werden müßte.

#### 1.4.3. Leitfähigkeitsmeßgerät

Prinzip. Reines Wasser ist ein schlechter Leiter für elektrischen Strom. Seine Leitfähigkeit wird erhöht, wenn Salze in ihm gelöst werden. Alle natürlichen Oberflächenwässer müssen als verdünnte Salzlösungen angesehen werden. Sie besitzen dementsprechend die Fähigkeit, elektrischen Strom zu leiten. Die Höhe der Leitfähigkeit ist abhängig von der Art und Menge der gelösten Salze. Der Wert der Leitfähigkeit ist daher ein guter Maßstab für die Menge der gelösten Salze. Er läßt aber keine Rückschlüsse zu auf die Art der Salze. Die elektrische Leitfähigkeit von Wasser beruht also auf der Anwesenheit von Ionen und ist abhängig von der Temperatur des Wassers, von der Konzentration und dem Dissoziationsgrad der einzelnen Elektrolyte, von deren elektrochemischen Wertigkeiten und von der Wanderungsgeschwindigkeit der einzelnen Ionen in Feldrichtung. Bei konstanter Temperatur ist die Leitfähigkeit von Wasser eine Funktion seiner Konzentration an Ionen. Durch vergleichende Messungen läßt sich also z.B. bei Proben gleicher Herkunft feststellen, ob sich der Gehalt an gelösten Salzen über einen bestimmten Zeitraum hin ändert.

Die elektrische Leitfähigkeit wird in Deutschland in Siemens gemessen. Ein Siemens entspricht 1/1 Ohm. Es handelt sich also um eine Widerstandsmessung. Bei einem geringen Gehalt an gelösten Salzen, z.B. in sehr weichem Wasser, ist die Einheit Siemens zu groß. Daher wird hier die kleinere Einheit Mikro-Siemens verwandt. Ein Mikro-Siemens entspricht 10<sup>-6</sup> Siemens.,

Regenwasser hat normalerweise eine Leitfähigkeit von 5-30 Mikro-Siemens, süßes Grundwasser von 30 - 2000 Mikro-Siemens und Meerwasser von 45 000 - 55 000 Mikro-Siemens.

Für die grobe Schätzung der gesamten gelösten Bestandteile in mg/l in Süßwasser genügt es, die spezifische Leitfähigkeit des Wassers in MikroSiemens mit 0,65 zu multiplizieren.

**Geräte.** Im Gegensatz zu den o.g. Geräten ist das Leitfähigkeitsmeßgerät durch kein Testbesteck zu ersetzen.

Auch Leitfähigkeitsmeßgeräte werden in unterschiedlicher Ausführung, Ausstattung und mit entsprechend unterschiedlichen Preisen angeboten. Ein einfaches, aber für Wasseruntersuchungen im Bereich der Umwelterziehung durchaus ausreichendes Gerät wird von der Fa. Mauer bereits für 245 DM angeboten. Das komfortabelste Gerät in diesem Angebot mit sehr großem Meßbereich, Digitalanzeige, automatischer Temperaturkompensation und zusätzlicher Möglichkeit der Temperaturmessung kostet rund 800 DM. Ein Vergleich der Meßergebnisse zwischen diesen beiden Geräten ergab für das kostengünstigere Gerät eine Abweichung von ca. 3% gegenüber den Werten des teuren Gerätes, ein Unterschied, der nicht gravierend ist.

#### 2. Ermittlung der Gewässergüte mit Hilfe der gewonnenen Daten

### 2.1. Leistungsfähigkeit und Grenzen der biologischen und chemischen Gewässergütebestimmung

Wichtigster Anhaltswert für die Zuordnung eines Gewässers oder eines Gewässerabschnittes zu einer bestimmten Güteklasse ist seine Belastung mit organischen, biologisch abbaubaren Inhaltsstoffen. Belastungen mit Giften führen zu ähnlichen Auswirkungen wie überhöhte organische Fracht, sind aber i.d.R. ungleich schwerer nachzuweisen.

Außer in völlig monotonen, ausgebauten Bereichen, können die vielfältige Gestalt und der schnelle Wechsel unterschiedlicher Kleinbiotope auch kleinräumig verschiedene Gütestufen vortäuschen, ohne daß sich die Gewässergüte tatsächlich ändert.

An dieser Stelle werden "Vorzüge" und "Schwächen" der biologischen und chemischen Gütebeurteilung noch einmal zusammengefaßt:

		4	$\overline{}$	
_	А	1	( )	۱_

biologische Gütebestimmi	ung chemische			
a) zeitlicher Aussagewert der Analyse				
Langzeitaussage; bestimmt durch die Lebensdauer der Bioindikatoren (die Organismen müssen zeitlebens alle Inhaltsstoffe und deren Konzentrationsänderungen ertragen)	Momentaufnahme; nur die Inhaltsstoffe und ihre Konzentrationen, die in der gezogenen Probe enthalten sind, werden gemessen, was vorher und nachher war, wird nicht erfaßt			
b) Ermittlung von Durchschnittswerten				
Durchschnittswert der Gewässergüte bereits mit einer Analyse zu erhalten	regelmäßige Analysen notwendig, u.U.  Monatsmischproben oder kontinuierliche Probennahme(hoher apparativer Aufwand notwendig)			
c) Ermittlung von Belastungsspitzen, bzw. kurzfris	stiger Belastung mit giftigen Substanzen			
Veränderungen der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften (z.B. Verlust von Arten bzw. bestimmter Altersstadien der Bioindikatoren) durch diese Belastungen nachweisbar; Art der Belastung bzw. stofflicher Nachweis nicht möglich	Art der Belastung und stofflicher Nachweis möglich, wenn im rechten Moment eine Probe gezogen wurde; Wahrscheinlichkeit gering, wenn nicht kontinuierlich Proben gezogen werden (s.o)			
d) Aussage über hohe Nährsalzbelastung				
nur indirekt und in bestimmten Stadien der Gewässerentwicklung (auch jahreszeitlich) möglich; auch hier Durchschnitts- und Langzeitwerte!	über chemische Analyse direkt möglich; aber Momentaufnahme!			

Biologische Beurteilungsverfahren führen also schneller zum gewünschten Ergebnis, (siehe auch Abb. A4)

Bisher gibt es kein Verfahren, das eine Berechnung der Gewässergüteklasse aus der Gesamtheit der chemischen Untersuchungsergebnisse zuläßt. Beide sind sehr stark vom Probenentnahmeort abhängig. Vor allem die biologische Analyse wird von der Morphologie eines Gewässerabschnittes beeinflußt. Ruhigwasser und Turbulenzen können eng zusammenliegen und über unterschiedlichen Sauerstoffgehalt die Zusammensetzung der Lebensgemein¬schaften bestimmen. (Bei der Probennahme beachten!)

Beide Methoden stehen also in keiner Konkurrenz zueinander, sondern ergänzen sich. Gemeinsam lassen sie eine recht präzise Aussage über die Güte und Lebensfreundlichkeit eines Gewässers oder Gewässerabschnittes zu.

-A11 -

#### 2.2. Bewertungsgrundsätze

Eine wichtige Rolle bei der Gesamtbeurteilung spielen außer den ermittelten biologischen und chemischen Werte auch die Daten, die im Protokollkopf aufgenommen wurden.

Zu berücksichtigen sind also auch die Jahreszeit (es gibt jahresperiodische Schwankungen in den Gewässerbiozönosen), die Tageszeit (es gibt tagesperiodische Schwankungen in den Biozönosen und bei chemischen Parametern, wie z.B. Sauerstoffgehalt, ph-Wert,...), und die Witterungsverhältnisse.

#### 2.2.1. Die biologische Gütebeurteilung

Nach ungünstigen Witterungsverhältnissen aufgenommene Daten können das Gesamtbild verfälschen.

- So bewirkt Hochwasser ein starkes Verdriften der im Freiwasser und auf dem Sediment lebenden Arten. Mit einer Untersuchung sollte deshalb ca. zwei Wochen gewartet werden, bis sich die Biozönosen erholt haben.
- Lange Trockenperioden beeinflussen die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften, indem Arten, die geringere Ansprüche an den Sauerstoffgehalt stellen, kurzfristig bevorzugt werden.

Die Beschaffenheit von Gewässerbett und Ufern (z.B. ausgebaut oder naturnah) bestimmt die Vielfalt der Kleinlebensräume und damit die Vielfalt der Biozönosen und die Populationsdichten:

- Ein Boden aus Steinen, Geröll und Kies ist günstig zum Anheften von Pflanzen und bietet Tieren Schutz vor der Strömung.
- Ein weicher, leicht beweglicher Boden aus Schlamm wird bevorzugt von grabenden Tieren genutzt.
- Mit Beton, Steinpflaster u.a. verbaute Ufer sind lebensfeindlich.

-A12-

•Auf eine Vielzahl anderer Faktoren wirkt der Pflanzenbewuchs der Uferzone ein

- Uferpflanzen, wie Rohrkolben, Schilfrohr, u.a. spielen für die Selbstreinigung eine wichtige Rolle, indem sie dem Wasser Nährstoffe und Schwermetal1ionen entziehen.
- Ins Wasser hineinwachsende Pflanzen (dazu z\u00e4hlen auch die Wurzelst\u00f6cke der Erlen) und Wasserpflanzen bieten Schutz- und Lebensraum sowie Nahrung.
- Ihre abgestorbenen Teile, vor allem wenn sie zu gewissen Zeiten (z.B. im Herbst) massenhaft anfallen, bedingen eine starke Eutrophierung mit Folgen für den Sauerstoffhaushalt des Gewässers.
- Der Lichteinfall wird beeinflußt durch Bäume und Sträucher am Ufer. Damit in engem Zusammenhang stehen der Temperaturgang im Wasserkörper, der Sauerstoffgehalt und die Möglichkeit des Pflanzenwuchses.

Bei der Auswertung der biologischen Analyse sollten auch die Arten (zumindest ihre Anzahl) mit berücksichtigt werden, denen kein Indikatorwert zugeordnet werden kann. Es gibt nämlich einen engen Zusammenhang zwischen der Lebensraumvielfalt und der Fülle vorkommender Arten. Die Stabilität einer Biozönose wiederum hängt nicht von der Masse der vorkommenden Tiere ab, sondern von der Vielfalt der Arten.

Der Limnologe THIENEMANN (1956) hat dies folgendermaßen zusammengefaßt:

- "Je variabler die Lebensbedingungen einer Lebensstätte (sind), um so größer (ist) die Artenzahl der zugehörigen Lebensgemeinschaft."
- "Je mehr sich die Lebensbedingungen eines Biotops vom Normalen und für die meisten Organismen Optimalen entfernen, um so artenärmer wird die Biozönose, um so charakteristischer wird sie, in um so größerem Individuenreichtum treten die einzelnen Arten auf."

Mit der umgebenden Landschaft, seinem Einzugsgebiet, steht das Fließgewässer in enger Wechselbeziehung, es ist ihr Entwässerungssystem. Jegliche Nutzungsform, ob Landwirtschaft, Wohnbebauung, Verkehrswege, usw. wirkt sich in irgendeiner Weise auf das Gewässer aus.

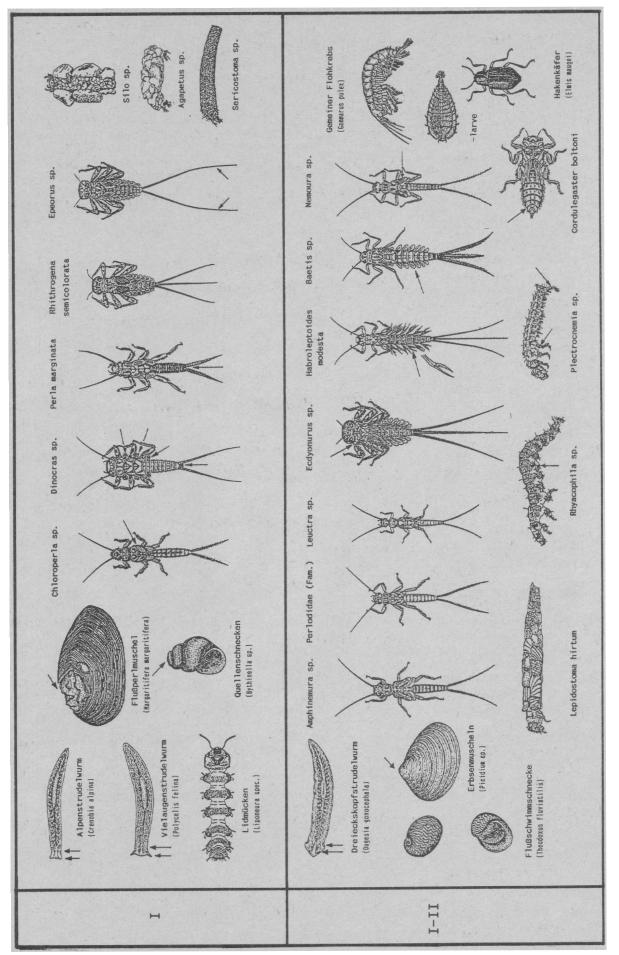
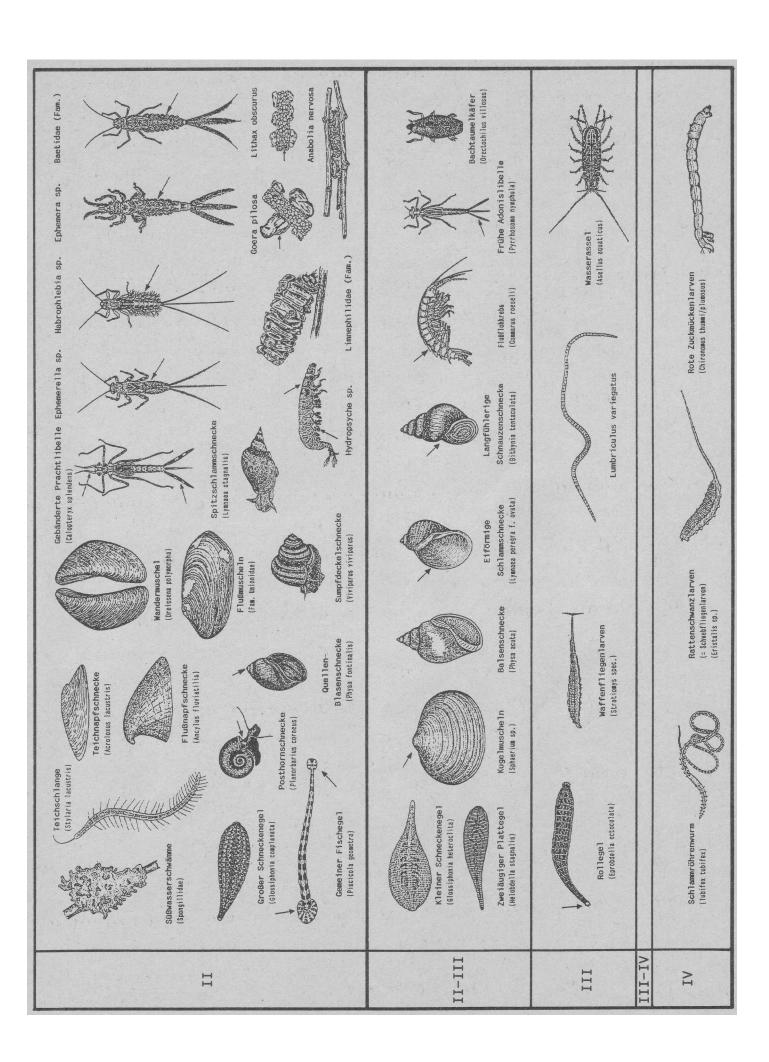


Abb. A4: Indikatororganismen für die makroskopisch-biologische Wassergütebestimmung



#### 2.2.2. Die chemische Gütebeurteilung

Um eine allgemein umfassende Aussage machen zu können, müssen zu der biologischen Gütebestimmung die Werte der chemischen Analyse hinzugezogen werden. Mit ihrer Hilfe kann die mit biologischen Methoden ermittelte Güteklasse ursächlich erklärt werden: Tebensbegrenzende Faktoren können ermittelt werden. Nur die Gesamtheit verschiedener chemischer Analysen läßt eine Aussage zur Gewässergüteklasse zu und kann zusätzlich zur Stützung der biologischen Befunde dienen.

Bei der Bewertung darf auch die gegenseitige Beeinflussung chemischer Parameter untereinander nicht vernachlässigt werden, z.B. der Zusammenhang: Ammonium/Ammoniak - pH-Wert oder pH-Wert - Löslichkeit verschiedener lonenarten.

Für die Aussagekraft der chemischen Analyse entscheidender als die Absolutwerte sind häufig relative Änderungen der Werte. Um dies feststellen zu können, ist jedoch eine Vielzahl wiederholter Messungen an ein und derselben Stelle notwendig.

Grenzwerte chemischer Parameter, die bestimmten Gewässergüteklassen zugeordnet werden können, orientieren sich vorwiegend an Fischen.

Die Tabellen auf den folgenden Seiten enthalten Richtwerte, Kriterien und Daten zur Beurteilung der Wasserqualität.

Tabelle A8 ist auch als Feldprotokoll geeignet.

t °	,C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4 mgO,	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	0	14,16	14,12	14,08	14,04	14,00	13,97	13,93	13,89	13,85	13,81
	1	13,77	13,74	13,70	13,66	13,63	13,59	13,55	13,51	13,48	13,44
	2	13,40	13,37	13,33	13,30	13,26	13,22	13,19	13,15	13,12	13,08
	3	13,05	13,01	12,98	12,94	12,91	12,87	12,84	12,81	12,77	12,74
	4	12,70	12,67	12,64	12,60	12,57	12,54	12,51	12,47	12,44	12,41
	5	12,37	12,34	12,31	12,28	12,25	12,22	12,18	12,15	12,12	12,09
	6	12,06	12,03	12,00	11,97	11,94	11,91	11,88	11,85	11,82	11,79
	7	11,76	11,73	11,70	11,67	11,64	11,61	11,58	11,55	11,52	11,50
	8	11,47	11,44	11,41	11,38	11,36	11,33	11,30	11,27	11,25	11,22
	9	11,19	11,16	11,14	11,11	11,08	11,06	11,03	11,00	10,98	10,95
	10	10,92	10,90	10,87	10,85	10,82	10,80	10,77	10,75	10,72	10,70
	11	10,67	10,65	10,62	10,60	10,57	10,55	10,53	10,50	10,48	10,45
	12	10,43	10,40	10,38	10,36	10,34	10,31	10,29	10,27	10,24	10,22
	13	10,20	10,17	10,15	10,13	10,11	10,09	10,06	10,04	10,02	10,00
	14	9,98	9,95	9,93	9,91	9,89	9,87	9,85	9,83	9,81	9,78
	15	9,76	9,74	9,72	9,70	9,68	9,66	9,64	9,62	9,60	9,58
	16	9,56	9,54	9,52	9,50	9,48	9,46	9,45	9,43	9,41	9,39
	17	9,37	9,35	9,33	9,31	9,30	9,28	9,26	9,24	9,22	9,20
	18	9,18	9,17	9,15	9,13	9,12	9,10	9,08	9,06	9,04	9,03
	19	9,01	8,99	8,98	8,96	8,94	8,93	8,91	8,89	8,88	8,86
	20	8,84	8,83	8,81	8,79	8,78	8,76	8,75	8,73	8,71	8,70
	2i	8,68	8,67	8,65	8,64	8,62	8,61	8,59	8,58	8,56	8,55
	22	8,53	8,52	8,50	8,49	8,47	8,46	8,44	8,43	8,41	8,40
	23	8,38	8,37	8,36	8,34	8,33	8,32	8,30	8,29	8,27	8,26
	24	8,25	8,23	8,22	8,21	8,19	8,18	8,17	8,15	8,14	8,13
	25	8,11	8,10	8,09	8,07	8,06	8,05	8,04	8,02	8,01	8,00
	26	7,99	7,97	7,96	7,95	7,94	7,92	7,91	7,90	7,89	7,88
	27	7,86	7,85	7,84	7,83	7,82	7,81	7,79	7,78	7,77	7,76
	28	7,75	7,74	7,72	7,71	7,70	7,69	7,68	7,67	7,66	7,65
	29	7,64	7,62	7,61	7,60	7,59	7,58	7,57	7,56	7,55	7,54
	30	7,53	7,52	7,51	7,50	7,48	7,47	7,46	7,45	7,44	7,43

Tab. A1: Sättigungswerte von Sauerstoff bei verschiedenen Temperaturen (Baur, W. 1980)

	Wassergüteklasse				
	ı	II	III	IV	
Saprobitätsgrad	oligo- saprob		alpha-meso- saprob	poly- saprob	
BSB <sub>2</sub> (in % des Sauerstoff- sofortgehaltes) BSB <sub>2</sub> (in mg/l 0 <sub>2</sub> )	<20 < 3	20-45 3-7,5	45-70 7,5-19	>70 > 19	

Tab. A2: Biochemischer Sauerstoffbedarf in verschiedenen Wassergüteklassen (nach M. Vöge)

0 <sub>2</sub> -	Gehalt mg/l	02	<sub>2</sub> -Defizit%		<sub>2</sub> -Zehrung in agen = BSB <sub>2</sub>
0 - 4	als Fischgewäs-	0 - 20	für Fische	0 - 10	kaum verun-
	ser nicht ge- eignet		geeignet		reinigt, günstig
4 - 6	für anspruchs- losere Arten.	20 - 40	verunreinigt, bedingt	10 - 30	noch günstig, leicht
	Zeugt von Über- düngung, Ver- schlammung,		geeignet		verunreinigt
	Verunreinigung, Überbesatz.				
6 - 8	Sommer: nicht ungünstig	40 - 60	stark verun- reinigt für	30 - 60	ungünstig, mit Vorbehalten
	Winter: gerade noch ausreichd.		Fische kaum geeignet		für Fische geeignet
8 - 10	gut	60 -100	sehr stark verunreinigt. nicht geeignet	60 -100	ungeeignet, stark verunreinigt.
			für Fische.		
über 10	oft Sauerstoff-				
	Übersättigung				
	besonders im				
	Sommer.				
	Starke Tag/				
	Nacht-				
	Schwankungen.				

Tab. A3: Zusammenhang zwischen Sauerstoffgehalt, Säuerstoffzehrung und Fischverträglichkeit (Merck)

Substanz (Parameter)	W	Wassergüteklassen				
	I	II	III			
pH-Wert	6,5-8,5	6-8,5	5,5 - 9 pH			
Sauerstoffgehalt	min. 8	min. 6	min. 4 mg/l			
Sauerstoffsättigung	min. 80	min. 50	min 30%			
BSB₅	5	10	15 mg/l 0 <sub>2</sub>			
KMn0 <sub>4</sub> -Verbrauch	10	15	25 mg/l 0 <sub>2</sub>			
Nitrat	13	30	> 50 mg/l			
Ammonium	< 1	< 3	> 4 mg/l			

Tab. A4: Zusammenhänge zwischen Wassergüteklassen und chemischen Parametern (Merck)

1. Trinkwasser (Auswa	ahl)		
Parameter	WHO-	EG-Richtwerte	TrinkwV. 1986
	Grenzwerte	1980 .	Grenzwerte
pH-Wert	–	6,5 - 8,5	6,5-9,5
Sauerstoff	> 5 mg/l	Sättigungswert	-
Abdampfrückstand	-	> 75% < 1500 mg/l bei 180°C	-
Leitfähigkeit	-	400 (μS/cm (20 °C)	2000 (μS cm <sup>-1</sup> (25°C)
KMn0₄-Verbrauch	_	2 - 5 mg/l 0 <sub>2</sub>	5 mg/l 0 <sub>2</sub>
Aluminium	_	0,05 - 0,2 mg/l	0,2 mg/l
Ammonium	0,05 mg/l	0,05 - 0,5 mg/l	0,5 mg/l
Cadmium	0,01 mg/l	< 0,005 mg/l	0,005 mg/l
Chlorid	200 mg/l	25 mg/l	–
Eisen Fluorid Kupfer	0,1 mg/l 1,5 mg/l 0,05 mg/l	0,05 - 0,2 mg/l < 1,5 mg/l 0,1 mg/l	0,2 mg/l 1,5 mg/l
Nitrat	50 mg/l	25 - 50 mg/l	50 mg/l
Nitrit	–	< 0,1 mg/l	0,1 mg/l
Phenole	< 1 mg/l	< 0,5 μg/l	
Phosphat	–	0,4 mg/l	
Sulfat	–	25 - 250 mg/l	240 mg/l
Zink	5,0 mg/l	0,1 mg/l	-

2. Natürliche, unbelastete Oberfläc	henwässer
Parameter	Gehalt
pH-Wert	6,5-7,5
Sauerstoff '	> 6 mg/l
KMn0 <sub>4</sub> -Verbrauch	< 12 mg/l
Ammonium	< 0,05 mg/l
BSB₅	< 5 mg/l
Chlorid	< 30 mg/l
Kupfer	< 0,01 mg/l
Nitrat	< 10 mg/l
Nitrit	< 0,01 mg/l
Phosphat	< 0,01 mg/l
Sulfat	< 10 mg/l
Zink	< 0,01 mg/l

3. Regenwasser (mögliche Inhaltss	3. Regenwasser (mögliche Inhaltsstoffe)				
Parameter	Gehalt				
pH-Wert	4,9-6,8				
Leitfähigkeit	65-97 nS/cm				
Gesamthärte ,	0,6-1,8°d				
Chlorid	4-10 mg/l				
Nitrat	7-22 mg/l				
Sulfat	9-24 mg/l				
Phosphat	0,1 mg/l				
CSB	2-10 mg/l				
Kohlenwasserstoffe	0,04-0,15 mg/l				

Tab. A5: Richt- und Grenzwerte verschiedener Wasserinhaltsstoffe (Parameter) bezogen auf verschiedene Wasserarten (Merck)

	Grenzwert mg/l	Herkunft z.B. durch
Aluminium	0,1	Gewässerversauerung
Bor	0,5	Haushaltsabwässer
Chlor	0,05	Schwimmbäder, Industrie
Chlorid	500	Salzbergwerke
Chrom	0,01	Galvanisierung,
		Färberei, Industrie
Cyanid	0,01	Galvanisierung,
		Härterei, Industrie
Eisen	0,1*	geologisch bedingt, Industrie
Kupfer	0,01	Industrie, Hausinstallation
Mangan	0,2*	Industrie
Nickel	0,1	Industrie
Zink	0,01	Industrie, Hausinstallation
Zinn	0,01	Industrie
	bzw. 0,001 bei org	anischen Zinnverbindungen in
	Unterwasseranstric	chen für Boote

<sup>\*</sup> dürfen nicht eingeleitet werden, da sie im Wasser bei Anwesenheit von Sauerstoff ausfallen und den Boden als sterile Schicht bedecken (auch Fischeier und Brut, sowie Fischnährtiere).

Tab. A6: Fischverträglichkeits-Grenzwerte weiterer Parameter (Merck)

Güte- Bezeich- klasse nung	Grad der organischen Belastung	Biologische Kriterien	Chem. Sauer- Stoff- minima	Werte in mg/l BSB <sub>5</sub>	Ammo- nium- stickstoff	Eignung als Fischgewässer
I oligo- saprob	unbelastet bis sehr gering belastet	s mäßig dichte Besiedlung	über 8	1	Spuren	Laichgewässer für Edelfische
I - II	gering belastet	dichte Besiedlung mit vielen Arten	über 8	1-2	ca. 0,1	Edelfisch- Gewässer
II ß-meso- saprob	mäßig belastet	sehr große Arten- vielfalt und Indi- Vielfalt und Indi- viduendichte, viele Wasserpflanzen	über 6	2-6	unter 0,3	Ertragreiche Fischgewässer
11 - 111	kritisch belastet	Rückgang der Artenzahl bei Makroorganismen, Algenwatten	über 4	5-10	unter 1	Fischsterben möglich durch Sauerstoffmangel
III a-meso- saprob	stark verschmutzt	Wasserasseln, Egel und Schwämme in Massen; Algen und Blütenpflanzen treten zurück	über 2	7-13	0,5 bis mehrere mg/I	Geringe Fisch- erträge; periodische Fisch- sterben durch Sauerstoffmangel
III - IV	sehr stark verschmutzt	oft massenhaft und Schlammröhren- würmer, sonst nur Mikroorganismen	unter 2	10-20	mehrere mg/l	Fische nur örtlich und dann nicht auf Dauer anzu- treffen
IV poly- saprob	übermäßig verschmutzt	nur noch Mikro- organismen; starke Faulschlammablage- rung, Geruch nach Schwefelwasserstoff	unter 2	über 15	mehrere mg/l	Fische fehlen

Tab. A7: Gütegliederung der Fließgewässer

	ı	ı	- II	II		II - III	III	III	- IV	IV
Biologische Gewässergüte (aus Feldprotokoll)		•			_					
Wassertemperatur in °C	Dez 1	L4		15	-	18	21	-	23	24
SauertoffSättigung in %	100	-	86	85	-	50	40	-	20	<10
	100	-	110	110	-	150	150	-	200	>230
BSB <sub>2</sub> -Wert in % des Sauerstoff-	<	20		20	-	45	45	-	70	>70
sofortgehaltes										
alkalisch	7,0	-	7,5	8,0	-	8,5	9,0	-	9,5	10,0
pH-Wert sauer	7,0	-	6,5	6,5	-	6,0	5,5	-	5,0	<5,0
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) in mg/l	< 0	,1		0,1	-	1		> 2		
Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) in mg/1	< 0	,1		0,2	-	0,5	4,0	-	6,0	8,0
Nitrat (NO <sub>3</sub> -) in mg/1	< 1	,0		01.	Mai			> 5		
Orthophosphat (P0, 3-) in mg/1	< 0	,03		<	0,5			0,5		
1 1 ( 4 / 5)										
Chlorid (Cl <sup>-</sup> ) in mg/1	< 8	0		80	-	500	1500	-	3500	>3500
( / 3/										
Säurebindungsvermögen	1-,0	-	0,5	0,5	-	0,25	0,1	-	0,03	0,05
in mmol/l										
Gesamthärte	um 3	,6 (2	0)	um	5,3	(30)	um	7,1	(40)	
in mmo/l (°d)										
Eisengehalt in mg/l	0	-	0,1	0,1	-	0,2	u	m 0,	5	1,0

Für die Leerfelder gibt es in der Literatur keine Zuordnung von Meßwerten.

Tab. A8: Zuordnungsraster der Konzentrationen verschiedener Parameter zu den Gewässergüteklassen (nach Barndt, Bohn 1986/87)

### 2.2.3. Übersicht mit Anmerkungen über wesentliche chemisch/ physikalische Gewässerparameter

Die folgende Übersicht ist mit freundlicher Genehmigung unverändert entnommen aus der Schrift: Eisenbarth, 0. und J. Maier, Anleitungen zur Gewässeruntersuchung, Materialien Biologie u. Chemie, Landesinstitut für Erziehung und Unterricht, Baden-Württemberg, Stuttgart o.J.

Art	Herkunft/Verursachet	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerkungen
Tempe- ratur	Kraftwerke Industrie Siedlungen	- Beschleunigung der biologischen Pro- zesse: Keimvermeh- rung, auch patho- gener Bakterien  - Entgasung: Sauerstoffverarmung: Gefährdung der Fische Kohlenstoffdioxid- schwund: Hemmung des Plank- tonwachstums  - Erhöhte Nebelbildung	nach LAWA: Höchsttemperatur je nach Gewässer: 25-28°C Forellengewässer: 20°C  Trinkwasser: VO'86 25°C  Abwasser: max. 35°C an der Einleitungsstelle	Kühlwasserbedarf (Durchlauf- kühlung mit Trinkwasser) Konvent. Kraftwerk 1000 MW: 25 m³/s Kernkraftwerke 1300 MW: 60 m³/s Durch Abwässer höherer Temperatur werden beschleunigt: - chem. Reaktionen (Betonaggressivität) - Entgasung - Sauerstoffzehrung (bes. im Winter für Fische kritisch, da keine biologische Sauer- stoffproduktion)
Schweb- stoffe Farb- stoffe		Trübungen u.Färbungen setzen die Appetit- lichkeit des Wassers herab.	Trinkwasser: Schwebstoffge- halt unter lmg/"3 bzw. Trübungsgrad unter 8 (mg Kie- selgur) Abwasser, geklärt: Schwebstoffgehalt unter 50 mg/l	Beseitigung durch Aluminium- oder Eisen-Ionen in Form der Salze oder mit elektrochemischer Flockung
pH-Wert		Bei zunehmender Ent- fernung vom Neutral- wert-pH Absterben der Organismen	Trinkwasser VO'86  Abwasser Richtlinien '782' 6,5-9,5  1) siehe Lit.7 2) siehe Lit.8	In Fischgewässern:  nicht unter pH 5 und über pH 9  In Kläranlagen: nicht unter pH 6,0 u.über pH 9,0  Stark saure und alkalische Abwässer schädigen Biozönose der Kläranlage und des Vorfluters Stark sauer: aggressiv auf Beton
Sauer- stoff	Sauerstoffversorgung hauptsächlich durch Lufteintrag; bevorzugt bei Wellengang an Wehren usw.  Wasserpflanzen spielen eine untergeordnete Rolle: Assimilation vorwiegend an der Oberfläche; der gebildete Sauerstoff gelangt durch die geringe Wasserschicht nahezu quantitativ in die Luft.	Notwendig für tieri- sche und pflanzliche Organismen. Der Sauerstoff wird beim aeroben Abbau organischer Verunrei- nigungen verbraucht.	Sauerstoff-Sätti- gung bei '20 oC: 8,89 mg 0½/1 Fließwasser mit Fischfauna: über 2 mg 0½/1 nach WHO: mind. 5 mg/l  In stehenden Ge- wässern vom Plank- ton abhängig: tagsüber Sauer- stoff durch Assi- milation produ- ziert, nachts durch Dissimila- tion verbraucht.	Sauerstoffzehrung: Maß für Gehalt an organischen Substanzen im Wasser. Biochem. Sauerstoffbedarf (BSB5): Sauerstoffverbrauch innerhalb von 5 Tagen bei 20 °C bei biologischer Selbstreinigung.  Sauerstoffgehalt verknüpft mit BSB5 bzw. Kaliumpermanganatverbrauch ist ein grobes Kriterium für den Gewässerzustand.  Bestimmung: Lit.1, Lit.2 Testbesteck 0,2 - 10 mg/l (Lit.10)

Art	Harkwest /Veryearshar	Soboduinkung	Cronzwanta	Dan anhu	
Art	Herkunft/Verursacher	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerku	ngen
Oxidier- bare Stoffe	Summenbestimmungen von organischen Stoffen im Wasser nach einer mehr oder weniger voll- ständig durchgeführten Oxidation zu Kohlen- stoffdioxid und Wasser. Ziel: Aufgrund der	Belastung der Vorfluter mit organischen Stoffen, z.T. schwer abbaubar Sauerstoff- zehrung	Trinkwasser: Oxidierbarkeit Kaliumpermanganat MnVII→MnII, ge- rechnet als O <sub>2</sub> : VO '86: 5 mgO <sub>2</sub> /1 EG '80:	In der heutigen Abw wird meist nur der nische Kohlenstoff ( = disolved organi der chemische Sauer CSB (bzw. COD = ch	gelöste orga- DOC c carbon) und stoffbedarf
	Vielzahl möglicher organ. Verbindungen ist eine quantitative Bestimmung aller orga- nischen Einzelstoffe nicht möglich: Deshalb summarische Bestimmung Kenntnis, ob und in		Richtzahl 1 mg O <sub>2</sub> /1 HÖChstm.2,5 mg O <sub>2</sub> /1 Abwasser, geklärt nach (ÖNORM) 90 mg KMnO <sub>4</sub> /1 Badewasser (nach Richtlinien	werden mit dem glei ermittelt.  - Die in Wasser gel nischen Stoffe we	chen Verfahren östen orga- rden mit
	welchem Ausmaß organ. Stoffe vorliegen. Oxidierbarkeit als		Bäderbetrieb): max. 10 mgKMnO4/1	UV-Licht bestrahl Kohlenstoffdioxid (Ozon).	
	Kennzahl für Reinheits- grad einer Wasserprobe. Dabei kann nicht fest- gestellt werden, ob diese Stoffe anthropo- genen Ursprungs oder		Für Abwasser keine Grenzwerte festge- legt.  Abwasser, nach biologischer	Das entstandene K dioxid wird in ei lysator gemessen w Wert im mg C / 1	nem IR-Ana- und als DOC-
beur- teilt nach	natürliche Ab- und Umbauprodukte sind. CSB <sub>Mn</sub> : Häufige Bestim-		Rlärung: 30 mg O <sub>2</sub> /1  BSB 5	- Daneben wird der ! bedarf gemessen un Wert angegeben.	
1.Kali- umper- manga-	mung mit Kaliumperman- ganat, insbesondere	Weitere Methoden:		) word angegoden.	
natver- brauch (CSB <sub>Mn</sub> ).	bei wenig belasteten Gewässern (Trink-, Badewasser, Seen)	Kaliumpermanganat-Ver			
2.Chemi- schem Sauer- stoff-	CSB: Oxidation mit Kaliumdichromat er- faßt die meisten organ. Stoffe praktisch voll-	schon vor 100 Jahren	Methode zur''' Erfassur als "Chamäleon"-Verfah die Methode der Wahl.	ren in St.Gallen besc	
bedarf <u>CSB</u>	ständig (95-97%); stär- keres Oxidationsmittel als Kpermanganat. Bestimmung bei Abwasser; Werte dienen zur Fest- setzung der Abgaben nach dem Abwasserabgabengesetz	Der CSB <sub>Mn</sub> wird ange mg KMNO <sub>4</sub> / 1 wobei 1 mg KMnO <sub>4</sub> / 1 =	oder mg $0_2/1$	0 - 10 sehr saul 10 - 20 fast saul 20 - 30 leicht ver 40 - 60 stark ver 60 - 100 sehr star 100 - 250 abwasser² 250 -1000 ungekläri	ber erschmutzt rschmutzt rk verschmutzt ähnlich
3.nach bioche- mischem Sauer-	BSB: Oxidation der orga- nischen Stoffe durch Mikroorganismen. Häusl. Abwasser benöti- gen für den vollstän-	Kaliumdichromat-Verbr Als stärkeres Oxidati lösten organischen St	onsmittel werden mit o	lieser Methode fast 10	0 % der ge-
stoff- bedarf BSB	digen Abbau ca. 20 Tage (BSB <sub>20</sub> ); Werte häufig nach 5 Tagen bestimmt: BSB <sub>5</sub> (cs. 70 % Abbau)		egeben als mg $K_2Cr_2O_7$ $r_2O_7 / 1 = 0,16 mg C$	$0_2/1$ oder mg $0_2/1$	1
	BSB ist auch ein Krite- rium für biolog. Akti- vität eines Gewässers	in Gewässern an. Dies	rstoffbedarf BSB gibt e Methode ist in der S		
4. ge- löstem organi-	DOC: Summe des in gelösten organ. Verbindungen enthaltenen Kohlenstoffs	Feste Korelationen zw	mg O <sub>2</sub> / 1 angegeben. ischen DOC <sub>n</sub> CSB <sub>Mn</sub> , C sie abhängig sind von	SB und BSB- Werten	können nicht ie die Gewäs-
schem Kohlen- stoff		ser belasten.		(mg/l)   BSB <sub>s</sub>	CSB <sub>Mp</sub>
DOC		LEITHE gibt für die Flüsse in einem	(K <sub>2</sub> C	r <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) (mg/l O <sub>2</sub> )	(mg/l KMnO <sub>4</sub> )
		geographisch begrenz- ten Bereich empirisch gefundene Zusammen-		2 4 3-4	6 6 11-15
		hänge an:	11/111   11-18   111   20-65   111/1V   80-20   1V   -	20	26-35 30-150 150-390

Art	Herkunft/Verursacher	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerkungen
Methylen- blau- Probe auf Fäulnis- fähigkeit			Ablauf der biolog. Klärstufe soll nicht mehr fäulnisfähig sein: Bleibend blau bei 20°C über 120 Stun- den oder bei 37°C über 4 Stunden.	Die Fäulnisfähigkeit eines Wassers beruht auf der anaeroben Zersetzung organischer Stoffe unter Bildung reduzierender Zwischen- und End- produkte, insbesondere Schwefel- wasserstoff. Grobes, aber einfach zu bestimmen- des Kriterium für die Wirksamkeit einer Kläranlage.
Ammoniak	- Zersetzung von mensch- lichen und tierischen Ausscheidungen - Überdüngung - Geologischer Ursprung	Ammoniak auch aus abgebautem Eiweiß; damit Rückschlüsse auf fäkale Verunreinigungen:  Somit Infektionsgefahr durch Krankheitserreger.  NH <sub>3</sub> /NH <sub>4</sub> wirkt stark toxisch auf viele Organismen.  Ammoniumverbindungen belasten Gewässer auch durch starke Sauerstoffzehrung:  Bildung von Nitrit und Nitrat.	in mg NH <sub>4</sub> +/1 reines Wasser 0,1 geol.bedingt 1 verunrein.Was.1 - 3 z.T bis 10  Trinkwasser:  VO ,86 0,5 EG Richtz. 0,05 Höchstm. 0,3  Abwasser: Richtl. 78 bei chemtechn. Herkunft 50 mg N/1 = 64 mg NH <sub>4</sub> +/1	O,1 mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l entsteht durch die Zersetzung von 1 ml Harn in 100 l Wasser.  Bestimmung: Lit.2 E 5 Testbesteck (Lit.10): 0,02 - 0,5 mg/l
Blei- Verbind.	1. Im Einzugsbereich von Bleierzlager (selten) 2. Auslösung aus Bleirohre, insbesondere durch weiche, kohlensäurehaltige Wässer (bei Wässer mit pH < 7) 3. Aus bleihaltigen Kraftstoffen 4. Industrie-Abwässer (z.B. Galvanische Betriebe)	Schon geringste Mengen führen bei dauernder Aufnahme zu Bleivergiftung: Hauptsächlich in Knochen abgelagert (Gesamtbleilast 135 mg) Enzym-Schädigung im Tierexperiment erwiesen Potentiell krebserzeugende Substanz.	Belastbarkeit des menschlichen	In BW. und Hessen sind Blei- rohre für Wasserleitungen ver- boten.  Der Bleigehalt vornehmlich durch bleihaltige Kraftstoffe vermehrt.  Durchschnittliche Aufnahme über Atemluft, Lebensmittel und Trink- wasser geschätzt auf 0,3-0,6 mg pro Tag; Bleibelastung des Blutes bereits bei 0,25 mg/l, damit 100-fach über der natürlichen Be- lastung.  In mechbiol. Kläranlage bis zu 80 % eliminiert  Bestimmung: Lit.1, Lit 2, E 6 Testbesteck (Lit.10):0,05-1,0 mg/l
Cadmium- Verbind.	Industrie-Abwässer z.B. Galvanik-Be- triebe, Beizereien	Starkes Fischgift; z.B. 0,01 mg Cd/l schädlich "Itai-Itai-Krankheit"	in mg Cd <sup>2+</sup> /1  Trinkwasser:  VO 86:  Abwasser: Richtl.78:  1	Bestimmung: Lit.1, Lit.2, E 19 Testbesteck (Lit.10): 0,02-0,5 mg/l
Chrom- Verbind.	Industrie-Abwässer z.B. Galvanisierbe- triebe, Lederfabriken	Schwermetallgift (Enzyme): Hemmung der aeroben und an- aeroben Abbauvor- gänge Störung der Selbst- reinigung von Vor- flutern und der bio- logischen Kläranla- gen. Biologische Aktivi- tät bei mehr als 10 mg Cr/l gestört.	in mg Cr <sup>3+</sup> /l Trinkwasser: VO 86: 0,05 Abwasser: nach Richtl.78: 2 Gesamt-Chrom: 2 davon als Chromat 0,5 mg/l	Zur Beurteilung gewerblicher Ab- wässer, insbesondere zur Überwa- chung der Anlagen, in denen Chrom(VI)-Verbindungen reduziert werden, ist die Chromat-Bestim- mung wichtig.

Art	Herkunft/Verursacher	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerkungen
Chrom- Verbind. (Forts.)		Chromat, starkes Oxidationsmittel, besonders giftig. In mechbiolog. Kläranlagen wird Chrom nur zu 30-50 % eliminiert.	Schädlichkeits- grenze von Chro- mat gegenüber Be- lebtschlamm: 2-5 mg/l Tropf- körper: 10 mg/l Selbst- reinigung:0,3mg/l Fische: 15-80mg/l übrige Wasser- tiere:0,1-100mg/l	Bestimmung: Lit.1, Lit.2, E 10 Testbesteck (Lit.10): 0,1-2,0 mg/1
Eisen- Verbind. Mangan- Verbind.	Industrieabwässer z.B. Beizereien	In Trinkwasser: Trübung, Färbung unan- genehmer Geschmack  In Wirtschaftswasser: Fleckige Wäsche ("Rostflecke") durch eisenhaltiges Wasser; manganhalti- ges Wasser gibt schwarzbraune Flecken, die schwer entfernbar sind.	in mg Fe <sup>2+</sup> /1 Trinkwasser:  VO 86: Eisen:0,2 Mangan:0,05 nach Höll 70:  Eisen: tragbar: 0-0,05 Grenzwert: 0,1 ungünstig: 0,15  Mangan: tragbar: 0-0,01 Grenzwert: 0,05 ungünstig: 0,1  Abwasser	Eisen und Mangan sind Verschmutzungsindikatoren für Trinkwasser. Eisen-Ionen liegen in sauerstofffreiem Wasser vor oder wenn der pH \( \) 3 ist. Bei pH \( \) 3 gehen Fe <sup>3+</sup> -Ionen in schwerlösliches Oxidhydrat über, bei pH \( \) 8 Fe <sup>2+</sup> -Ionen z.T. in schwerlösliches Eisen(II)-hydroxid. In sauer stoffhaltigem Wasser oxidieren Fe <sup>2+</sup> -Ionen.  Bestimmung: Lit. 2, E 1 und E 2,
Kupfer- Verbind.	1. Im Einzugsbereich von Erzlagern 2. Industrie-Abwässer (z.B. galv. Betr.) 3. Algenbekämpfung u. Entkeimung von Schwimmbadwasser mit Kupfersulfat	Chronische Kupferver- giftungen sind nicht bekannt. Die im Trink- wasser und Badewasser vorkommenden Konzentra- tionen rufen keine Ver- giftung hervor. Durch Kupfersalze bitterer Nachgeschmack des Wassers.	in mg Cu <sup>2+</sup> /1 Irinkwasser: Grenzwert nach WHO: 0,05 ("störender Stoff") VO 86: Abwasser Richtl.78: 1	Bestimmung: Lit. 1, Lit. 2, E 7, Teststäbchen Testbesteck (Lit. 10): 0,1-3 mg/1
Queck- silber- Verbind•	1. Aus Pflanzenschutz- mitteln 2. Industrie-Abwässer (z.B. Elektroindu- strie, holzverarb. Industrie, Chlor- alkali-El@ktrolyse)	Hohe Toxizität: Schädigung des zentra- len Nervensystems; mutagene Effekte. Be- deutsam ist die Akku- mulierung in Nahrungs- ketten: von niederen Wasserorganismen bis zum Menschen um mehrer: Zehnerpotenzen. "Minamata-Krankheit", durch das besonders ge- fährliche Methyl-Queck- silber.	in mg Hg <sup>2+</sup> /l Trinkwasser: VO 86: 0,001 Abwasser: Richtl.78: 0,05	Beispiel: Bei der Herstellung von Chlor durch Chloralkalielektrolyse ge- langen pro t Chlor 30-200 g Quecksilber ins Abwasser (Verlust insgesamt ca. 300 t pro Jahr).  Bestimmung: Lit.2 Testbesteck: 0,05-1 mg/1
Zink- Verbind.	1. Im Einzugsbereich von Zinkerzlagern 2. Auslösung aus verzinkten Rohren; insbesondere durch kohlensäurehaltige Wässer 3. Industrie-Abwässer (z.B. Galvanik-Betriebe, Beizereien)	Zink wird akkumuliert. als wichtigste Ursache der Krebshäufigkeit angesehen. Ungünstige Wirkung auf Gewässerfauna, bei > 1 mg/l wird z.B. der Bachflohkrebs vernichtet. Bei > 2 mg/l Trübung des Wassers.	in mg Zn²+/1  Trinkwasser: Grenzwert nach wHO 5  Aus ge-² schmackl. Gründen 2 (nach Rüdt, Kruse) VO 86 - Abwasser: Richtl.78 5	Bestimmung: Lit.1, Lit.2, E 8

Art	Herkunft/Verursacher	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerkungen
<u>Chloride</u>	(z.B. Sole)  2. Hinweis auf fäkale Verunreinigung (Urin)  3. Kunstdünger	Trinkwasser mit ständig 1000 mg Cl <sup>-</sup> /l und mehr Nierenerkrankung Hoher Chlorid-Gehalt wirkt zerstörend auf Beton, Mörtel, Eisen (schon ab 200 mg/l er- höhte Korrosion)	in mg Cl /1 reines Wasser: geolog. be- dingt bis 200 verunrei- nigtes Wasser bis 300 (meist 50-150)	Chlorid-Ionen sind in nahezu allen natürlichen Wässern, selbst im Regenwasser enthalten. Normales Grundwasser enthält 10 bis 30 mg/l. Hinweis auf Verunreinigung nur bei schwankenden, hohen Chloridwerten.
			keine Grenzwerte in VO Trinkw.und Richtl. Abwasser festgelegt.  Trinkwasser (Höll 70) tragbar 0-20 Grenzwert 30 ungünstig 40 und mehr WHO-Grenz- wert 350	Bestimmung: Lit.2 Testbesteck: 5-500 mg/l
Cyanide	In gewerblichen und industriellen Abwässern, insbesondere aus Galvanikbetrieben und Härtereien; in geringeren Mengen aus Kokereien, Hüttenwerke, Edelmetall-Erzlaugereien	Hohe Toxizität: Für Fische Konzentra- tion von 0,1 mg CN-/1 tödlich; bei Daphnien Schädlichkeitsgrenze bei 0,01 mg CN-/1. Mensch: insbesondere Cyanwasserstoff, auch CNIon.	in mg CN-/1 Trinkwasser: VO 86: 0.05 Abwasser: Richtl. 0.2	Kommt im Wasser in 3 Formen vor: Cyanwasserstoff (weitgehend in undissoziierter Form, leicht flüchtig) Cyanid-Ion (Alkalisalz leicht wasserlöslich) komplexgebundene Cyanide Bestimmung: Lit.1, Lit.2, D 13 Testbestecke
Fluo- ride	Fluorid-Ionen sind in fast allen Wässern enthalten; ihre Konzentration ist von hydrogeologischen Verhältnissen, von Temperatur und pH-Wert abhängig. In Oberflächenwässern meist unter 1 mg F-/1, in normalen Grundwässern 0,05-0,5 mg F-/1.	Fluoride stark toxisch. Andererseits Fluor- mangelschäden (Karies) bei weniger als 0,5 mg F <sup>-</sup> /1. Möglichkeit der "Auf- fluorierung" des Trink- wassers. Die prophylak- tische Dosis kommt je- doch der toxischen sehr nahe!	in mg F-/1 Trinkwasser VO 86: 1,5 Abwasser Richtl.78: 50	Bestimmung: Lit.1, Lit.2, D 4
<u>Nitrate</u>	1. Stickstoffumsetzung im Boden: Nitrifizierende Erdbakterrien oxidieren den Ammoniakstickstoff über Nitrit zu Nitrat.  2. Künstliche Stickstoffdüngung  3. In industriellen Abwässern	Nitrat nicht bedenk- lich, jedoch Indikator für den Grad der Bela- stung eines Bodens mit organischen Abfallstof- fen, sowie auch für den Grad des Abbaus dersel- ben. Durch Reduktion zu Nitrit im Darm, Schädigung (s. Nitrit).	in mg NO <sub>3</sub> -/1  Trinkwasser  VO 86: 50  EG 80: Richtzahl 25 Höchstm. 50  nach Höll (1970)  tragbar bis 20 Grenzwert 30  Abwasser:	Nitrat-Gehalte schwanken stark mit jeweiliger Bodenbeschaffen- heit; aus dem Wert allein keine Rückschlüsse auf Belastung.  Bestimmung: Lit.1, Lit.2, D 9 Testbestecke (Lit.10): 2-100 mg/l
<u>Nitrite</u>	In geringer Konzentra- tion in Oberflächen- wasser, häufig in in- dustriellen Abwässern (Galvaniken, Beize- reien, Härtereien)	Im Magen mit sekun- dären Aminen hochcance- rogene Nitrosamine; bei Säuglingen: schwere, teils tödliche Methämoglobinämien (Blausucht) starkes Fischgift. Sauerstoffzehrend. In saurem Milieu: nitrose Gase	in mg NO2-/1 Trinkwasser VO'86: 0,1 nach Höll'70 Grenzwert: 0,05 Abwasser Richtl.78: 33 (10 mgN/1)	In reinem Wasser keine Nitrit- Ionen. Nitritgehalt wichtigster Indikator für frische fäkale Ver- unreinigung. Evtl. in Regenwasser. Bei Fehlanzeige keine Rückschlüsse auf Reinheit; Nitrit wird biolo- gisch leicht in Nitrat bzw. Ammoniak überführt. Bestimmung: Lit.1, Lit.2, D 10 Teststäbchen oder Testbesteck (Lit.10) 0,05-2 mg/1 und 0,005-0,1 mg/1

Art	Herkunft/Verursacher	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerkungen
Phos-phate	In Oberflächenwasser: aus Waschmitteln ca. 40 % aus Fäkalien (menschlicher u. tierischer Phosphor-Meta- bolismus) aus Dünge- mittelaus- waschung ca. 20 % In Trinkwasser: meist Fäkalverunreini- gung; auch phosphathal- tiges Grundwasser in- folge Bodenerosion.	(insbes. Algen); mehr organische Stoffe produziert, als schadlos verarbeitet werden kann. Als Folge Sauerstoffdefizit.  Probleme der Eutrophierung:  1. See als "Lebensraum" stirbt; "Umkippen"  2. Infolge Sauerstoffmangel Fischbestand gefährdet.  3. Als Trinkwasserreservoir gefährdet; Algentoxine - Wirkung auf menschlichen Organismus noch nicht abgeschätzt.  Bei Wasserentnahme häufiger Filterwechsel notwendig (auch in Tiefen von 30-60 m  See als Erholungsfaktor: "Grüner Algenteppich", Gestank faulender Algen; erhöhte Bakterienkeimzahl, Gefahr der Infektion beim Baden.  Beschleunigte Verlandung bei Seen.	Grenzwert 0,02 ungünstig 0,1 und mehr in VO Trinkwasser keine Festlegung Abwasser: Beurteilung von Abwässer (Lit 8)	Korrosionsschutz der Wasser- leitungsrohr durch Phosphat, evtl. Phosphat-Impfung des Leitungswassers - Schutzschic aus Calciumeisenphosphat.  Phosphat-Eliminierung: In mechanischen Kläranlagen können bis zu 35 %, durch Simultanfällung bis zu 80 % und durch chemische Nachfällun bis zu 90 % der Phosphate ent- fernt werden: Ausflockung durc Eisen- oder Aluminium-Ionen.  Polyphosphate der Waschmittel (meist Pentanatriumtriphosphat werden durch Hadrolasen enzymi tisch bis zu 90 % zu Phosphat abgebaut, zum Teil schon in de Kanalisation.  Phosphatersatz in Waschmittelr z.Z. noch nicht in Aussicht. Mögliche Substituenten: Hydroxicarbonsäuren (Citrate), Polyhydroxicarbonsäuren bzw. andere Polymere wie Polyacry- late. Nitrilotriessigsäure in Deutschland aus toxikologi- schen Gründen und wegen ge- ringer biol. Abbaubarkeit nur begrenzter Einsatz. Ersatz durch Zeolith (Natrium- aliminiumsilikat, "Sasil"), Ionenaustausch Maßnahmen:  1. Bau und Ausbau von dreistuf gen Kläranlagen  2. Phosphat-Dosierung in Wasch mitteln entsprechend der Wasserhärte (Härtekarte; sofortige Reduzierung um 20 möglich).  3. Umweltfreundlicher Phosphat Ersatz in Waschmitteln  4. Verstärkte Verwendung von organischem Dünger gegenübe mineralischen Dünger gegenübe
Schwe- fel- wasser- stoff	Fäulniserscheinung im Boden (Schwefel- bakterien) Lederherstellende Be- triebe	In Bleirohren entsteht Bleisulfid, Bleiver- giftung. Betonaggressiver Stoff	in mg S <sup>2-</sup> /1  Trinkwasser VO 86:  Abwasser Richtl.78: 10	Bestimmung: Lit.2 Testbestecke (Lit.10)
<u>Sulfate</u>	Bodenauswaschung, fäkale Verunreinigung, Harn und Jauche sind stark sulfathaltig. In Müllhaldennähe er- höhter Sulfatgehalt des Grundwassers (aus primär entstandenem Schwefelwasserstoff)	Störung der Darmfunk- tion schon bei 200-300 mg SO <sub>4</sub> 2-/1, besonders Alkali- und Magnesiumsulfat wirken abführend. Zerstörung von Beton und Mörtel schon ab 150 mg SO <sub>4</sub> 2-/1.	in mg SO <sub>4</sub> 2 <sup>-</sup> /1  Trinkwasser VO 86:  240  (Höll 70): tragbar 0- 25 Grenzwert 50 ungünstig 75 WHO-Grenz- wert 250  Abwasser Richtl.78: 400	Bestimmung: Lit.1, Lit.2, D Mikrosulfattitration Testbestecke: 25-200 mg/1

Art	Herkunft/Verursacher	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerkungen
Cance- rogene Stoffe:  poly- cycli- sche aroma- tische Koh- len- was- ser- stoffe	1. In Mineralölen (Kraftstoffen, Heizölen) enthal- ten; gelangen so ins Grundwasser.  2. Cancerogene im Aerosol aus Moto- renabgasen, aus Öl-Feuerungsanla- gen gelangen bei Regen in den Boden. Durch Mineralölu. Wasser ins Grund- wasser einge- schleppt.  3. Straßenabrieb  4. In Flüssen größere Mengen an Cancero- gene. Detergentien verstärken auf- grund ihrer Ober- flächenaktivität noch die cancero- gene Wirkung.	Cancerogene Wirkung auf Haut und im Magen-Darm-Trakt.Schädlich-keitsgrenze für den Menschen 1-10 mg pro Jahr.	Grundwasser 1-10 pg/m³ Flu8- oder See- wasser (gering verunreinigt) 10-50 pg/m³ Oberflächen- wasser (stärker verunreinigt) 100-1000 pg/m³  Trinkwasser VO 86:0,0002 mg/l (f. polycycl. aromat. Kohlen- wasserstoffe)	Viele polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe haben cancerogene Eigenschaften; insbesondere  Benzo-a-pyren Fluoranthen Benzfluoranthen Entfernung bei Flußwasseraufbereitung mit Aktivkohle. In Schwebstoff-Filter nach Eisenchlorid-Flockung zu 98 % entfernt. Bestimmung: Scholz, Altmann in Z.f.analyt. Chemie 290, 1968, S. 89-91.
Kohlen- wasser- stoffe, Benzine, Mine- ralöle	Lagerung, Transport (Tankwagen, Rohrleitungen), Handhabung und Abfall von Roh- und Heizölen, Treib- stoffen, Schmierstof- fen. In der Bundesrepublik 25.000 Tankstellen 12.000 Tankfahrzeuge mehr als 106 Heizölbehälter (30 % der Heizölbehälter sollen nach Unter- suchungen in der Schweiz beschädigt sein.)	-Eine der bedrohlich- sten und verbreitet- sten Gefährdungen der Wasserversorgung: Auftreten eines üb- len Geruchs und Ge- schmacks (im Trink- wasser geschmackl. in Verdünnungen von l: 10 <sup>5</sup> bis l: 10 <sup>6</sup> noch feststellbar)  - Cancerogene Stoffe können durch Mineral- öle ins Wasser mitge- schleppt werden.  -Auf Fauna in Ober- flächengewässer toxi- sche Wirkung. Uber toxische Wirkung in im Trinkwasser möglichen Konzentra- tionen ist wenig be- kannt.	Trinkwasser VO 86  Schädlichkeits- grenze bei Fischen für Benzol: 5 mg/l für Benzin je nach Sorte: 50-200 mg/l für Diesel und Heizöl:50-100 mg/l  Abwasser Richtl.78: Kohlenwasser- stoffe 20 mg/l Mineral- öl: 100 mg/l	Gefährdung des Grundwassers durch Mineralölversickerung:  1. Weite und unkontrollierbare Ausbreitung im Boden; auch wasserundurchlässige Böden werden verseucht.  2. Mineralöl verbleibt lange Zeit unverändert im Boden.  3. Sehr langsamer Abbau, bakteriell, aerob; Sauerstoffzehrung verursacht sauerstofffreie Grundwässer mit allen Folgen.  Entfernung aus dem Trinkwasser mit Aktivkohle  Bestimmung: Lit.1, Lit.2, H 15
Organi- sche Chlor- verbin- dungen	Lösungsmittel wie Trichlorethan Trichlorethen Tetrachlorethen Dichlormethan Tetrachlorkohlen- stoff	Je nach Struktur  - in Gewässer prak- tisch nicht oder nur langsam abgebaut (hohe Persistenz)  - Anreicherung in Fettgewebe von Mensch und Tier  - z.T. giftig, und einige cancerogen	Trinkwasser VO 86: Trichlorethan 0,025 mg/l Tetrachlor- kohlenstoff 0,003 mg/l  Abwasser Richtl. 78: 5 mg/l	
<u>Phenole</u>	Häufige Verun eini- gungen industrieller Abwässer z.B. Koke- reien, Braunkohle- Schwelereien, bei der Herstellung von Kunststoffen, Heil- mittel, Farbstoffen, Schädlingsbekämpfungs- mitteln.	Phenole wirken auf die meisten Organismen als Gifte (an sich Bakteriengifte; es gibt aber schon phenolresistente Stämme, die Phenole biologisch abbauen). Subletale Konzentrationen (ab 0,1 mg/l) reichern sich im Protein der Fische an und machen es ungenießbar. Über 6 mg/l tödliches Fischgift.	Trinkwasser VO 86: WHO 0,001 mg/l Abwasser Richtl.78: 100 mg/l	Bestimmung: Lit.1, Lit.2, H 16 Qualitative Bestimmung: mit einigen Tropfen Eisen(III)-chlorid-Lösung gibt phenolhaltiges Wasser Blaufärbung.

Art	Herkunft/Verursacher	Schadwirkung	Grenzwerte	Bemerkungen
Schäd- lings- bekämp- fungs- mittel (Pesti-	Aus der Verwendung in der Land- und Forst- wirtschaft, im Garten- bau, in der Vorrats- wirtschaft.	Gefährdung des Trink- wassers, insbesondere bei großflächiger An- wendung. Böden weisen hohes Rückhaltevermögen für handelsübliche Pestizide aus.	Trinkwasser VO 86: 0,0001 mg/1 für einzelne Stoffe insgesamt: 0,0005 mg/1	
zide)		Gefährdung der Oberflä- chenwässer, insbeson- dere bei unsachgemäßer Anwendung: Hochgradige Giftigkeit für Wasser- fauna. Anreicherung der Pestizide in Organismen und Organen (z.B. eini- ge Chlorkohlenwasser- stoffe), Nahrungskette.	Abwasser Richtl.78:	
<u>Tenside</u>	Aus Wasch-, Reinigungs- und Spülmittel; durch vielseitige Verwendung zunehmendes Auftreten in häuslichen und ge- werblichen Abwässern.	-Schaumbildung -Durch Anreicherung an der Wasserober- fläche wird der Stoffaustausch be- hindert.	Trinkwasser VO 86: anionisch 0,2 mg/l (berechnet als methylenblauakti- ve Substanz)	Die in Waschmittel verwendeten Tensidtypen (Seife, Alkylbenzol- sulfate - mit nicht verzweigter aliphatischer Komponente- Fettalkoholäthylenoxid - Addukte) sind in Kläranlagen zu 80 - 90 % biologisch abbau-
		-Auf Lebewesen des Wassers in der Regel toxische Wirkung; Selbstreinigungsver- mögen der Gewässer vermindert. In hö- heren Konzentratio- nen behindern sie die Sauerstoffauf- nahme an den Kiemen. -"Schlepperwirkung" der Tenside für toxi- sche bzw. carcinogene Stoffe	nichtionisch: 0,2 mg/l (als bismutaktive Substanz)  Abwasser Richt. 78: Anionische Tenside bis 80 % abbaubar (Detergentienge- setz 1969)	bar.  Bestimmung: Lit.2 Testbestecke (Lit.10)

#### Zitierte Literatur

Lit.	1: Höll, K.	Wasser de Gruyter, Berlin, 1970
Lit.	2:	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; physikalische, chemische und bakteriologische Verfahren Verlag Chemie, Weinheim (lose Blattsammlung) Hrsg. Fachgruppe Wasserchemie der GDCh
Lit.	7:	Verordnung über Trinkwasser und über Wasser in Lebens- mittelbetrieben (Trinkwasserverordnung) vom 22. Mai 1986 BGBl. 1, 1986, S. 760f
Lit.	8:	Richtlinien des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt für die Anforderungen an Abwasser bei Einleitung in öffentliche Abwasseranlagen vom 28.6.1978, GAB1 1978, S. 995
Lit.	9:	Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer vom 16.12.1982, GMB1 1982, S. 779
Lit.	10:	Testbestecke Firma Macharey und Nagel (Visocolor bzw. Visocolor HE - hochempfindlich)
		Firma Merck (Aquamerck, Aquaquant)

#### 3. Abbildungen und Tabellen

#### - im Hauptteil

	Seite
Karte 1:	Topographie des Einzugsbereiches und Lage der Meßstellen 7
Karte 2:	Geologie des Einzugsbereiches
Karte 3:	Flächennutzung im Einzugsbereich
Karte 4:	Wassergüte des Saubaches
Abb. 1:	Messen von Höhenunterschieden mit Hilfe einer Schlauchwaage15
Abb. 2:	Erhebungsbogen für die Gewässerbegehung
Abb. 3:	Kartierungsanleitung
Abb. 4:	Feldprotokoll für die Beschreibung der Probestellen
Abb. 5:	Wasserprobenentnahmegerät für größere Tiefen 27
Abb. 6:	Vereinfachte Methode zur Entnahme von Wasserproben 28
Abb. 7:	Feldprotokoll für die physikalisch/chemische Untersuchung31
Abb. 8:	Geräte zum Absammeln von Indikatororganismen
Abb. 9:	Kunststoff Container mit Geräten
Abb. 10:	Absammeln von Indikatororganismen mit einem Küchensieb 38
Abb. 11:	Darstellung der Meßergebnisse in Diagrammform 43
Abb. 12:	Die Ausstellung im Atrium der Schule
Abb. 13:	Tafel I: Karte der Lage des Saubaches und der einzelnen
	Untersuchungsstellen an dem Gewässer, Fotos vom Aussehen
	der Untersuchungsstellen
Abb.14/15	: Tafeln II und III: Darstellung der Güteklassen mit
Hilfe einig	er typischer Indikatororganismen49
Abb. 16:	Tafel IV: Darstellung der Meßergebnisse und der Gütekarte 50
Abb.17:	Tafel V: Gewässergütekarte des Saarlandes, Karte der
	Schwermetallgehalte in großen Flüssen der Bundesrepublik,
	Wasserverbrauch und seine Entwicklung in
	der Bundesrepublik
Abb. 18:	Artikel in der Saarbrücker Zeitung (SZ vom 12.2.86) 51
Tab 1:	Gütealiederung von Fließgewässern
180. L.	Guteulleuerung von Filelagewassettt

#### - im Anhang:

Abb. A1:	Analysenkoffer der Firma MACHEREY - NAGEL
Abb. A2:	Einzeltestbestecke der Fa. MACHEREY - NAGEL
Abb. A3:	Elektronische Meßgeräte zur Wasseruntersuchung
Abb. A4:	Indikatororganismen für die makroskopisch-biologische
	Wassergütebeurteilung A 13a-b
Tab. A1:	Sättigungswerte von Sauerstoff bei verschiedenen
	Temperaturen
Tab. A2:	Biochemischer Sauerstoffbedarf in verschiedenen Wasser-
	güteklassen
Tab. A3:	Zusammenhang zwischen Sauerstoffgehalt, Sauerstoff-
	zehrung und Fischverträglichkeit
Tab. A4:	Zusammenhänge zwischen Wassergüteklassen und chemischen
	ParameternA16
Tab. A5:	Richt- und Grenzwerte verschiedener Wasserinhaltsstoffe
	(Parameter) bezogen auf verschiedene Wasserarten A17
Tab. A6:	Fischverträglichkeits-Grenzwerte weiterer Parameter
Tab. A7:	Gütegliederung der Fließgewässer A18
Tab. A8:	Zuordnungsraster der Konzentrationen verschiedener
	Parameter zu den GewässergüteklassenA19

#### 4. Literatur

Aus der sehr umfangreichen Literatur sind in der folgenden Übersicht einige Bücher zusammengestellt, die eine Einarbeitung in die Thematik der Fließgewässerökologie und in die praktische Arbeit am Gewässer ermöglichen:

#### 4.1. Bestimmungsbücher und -Schlüssel

Morphologische und anatomische Kenntnisse sind notwendig zur Benutzung folgender Bestimmungsbücher:

- Brohmer, P.: Fauna von Deutschland, Quelle und Meyer, Heidelberg 1984
- Stresemann, E. (Hrsg.): Exkursionsfauna (4 Bände), Volk und Wissen,
   Berlin 1983 u. 84
  - (Die als Indikatoren wichtigen Larvenformen sind in beiden Bestimmungsbüchern kaum berücksichtigt.)
- Schmeil, 0. Fitschen, J., Rauh W., Senghas, K.: Flora von Deutschland,
   Quelle und Meyer, Heidelberg 1982

### Ohne "Spezialkenntnisse" verwendbar, Bestimmung mit Hilfe von Bildern und Kurzbeschreibungen:

- Engelhardt, W.: Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Kosmos-Naturführer, Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller u. Co., Stuttgart 1982
- Aichele, D.: Was blüht denn da? Kosmos-Naturführer, Franckh' sche
   Verlagshandlung, W. Keller u. Co., Stuttgart 1985
- Aichele, D., Schwegler: Welcher Baum ist das? Kosmos-Naturführer,
   Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller u. Co., Stuttgart
- Wellinghorst, R.: Wirbellose Tiere des Süßwassers, Friedrich Verlag,
   Seelze o.J. (12 Seiten)

(kurz und übersichtlich gestalteter Bestimmungsschlüssel der häufigsten Wirbellosen (auch Larvenformen) des Süßwassers mit Angabe von Indikatorwerten)

Bei vielen Insektenlarven des Süßwassers ist die Bestimmung der Arten,

- z.T. auch schon der Gattungen nur Spezialisten möglich bzw. ist
- umfangreiche Spezialliteratur erforderlich

- .4.2. Folgende Bücher enthalten praktische Anleitungen und grundlegende Methoden für die biologische und chemische Gütebestimmung von Gewässern, kurze Einführungen in die Chemie und Biologie von Gewässern, Bestimmungsschlüssel und Beschreibungen von Indikatororganismen, Bewertungskriterien und Beispiele für Protokollblätter. Sie sind für den Einstieg und die praktische Arbeit sehr zu empfehlen
- Barndt, G. u. B. Bohn: Biologische und chemische G\u00fctebestimmung von Flie\u00dfgew\u00e4ssern, Vereinigung Deutscher Gew\u00e4sserschutz e.V. (Hrsg.), Bd. 53, Bonn 1986/87
- Baur, W.: Gewässergüte bestimmen und beurteilen, Paul Parey,
   Hamburg/Berlin 1980
- Meyer, D.: Makroskopisch-biologische Feldmethoden zur Wasser gütebeurteilung von Fließgewässern, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (Hrsg.), Hannover 1983

### 4.3. Firmenschriften mit praktischen Anleitungen für die chemische Analyse

- Aquamerck-Kompaktlabor für Wasseruntersuchungen, E. Merck,
   Darmstadt 1987
- Heering, K.H.: Die Untersuchung und Bewertung von Fischgewässern mit Visocolor, Macherey-Nagel Eigenverlag, Düren 1984
- Wasserlabor f
  ür Aquaristik und Teichwirtschaft, E.Merck, Darmstadt 1987

## 4.4. Bücher und Schriften, in denen die Thematik didaktisch und methodisch für den Einsatz in Unterricht und Arbeitsgemeinschaft aufbereitet ist.

- Eulefeld, G. u.a.: Probleme der Wasserverschmutzung, IPN-Einheitenbank, Curriculum Biologie, Aulis Verlag Deubner u. Co. KG, Köln 1979
- Hafner, L. u. E. Philipp: Ökologie, Materialien für die Sekundarstufe II,
   Schroedel, Hannover/Dortmund/Darmstadt/Berlin

- Hütter, Leonhard A.: Wasser und Wasseruntersuchung, Laborbücher Chemie, Diesterweg, Salle/ Sauerländer, Frankfurt
- Klein, K. u.a.: Gewässerschutz ein Unterrichtskonzept für den Biologie-, Chemie- und Geograph.ieunterricht, VDSF Verlags- und Vertriebs-GmbH (Hrsg.), Offenbach 1982
- Miegel, H.: Praktische Limnologie, Laborbücher Biologie,
   Diesterweg/SaTle/Sauerländer, Fankfurt/M. 1981

### 4.5. Wissenschaftliche Einführungen in Theorie und Methoden der Wasserchemie, Hydrobiologie und Limnologie

- Besch, W.-K.: Limnologie für die Praxis, Grundlagen des Ge wässerschutzes, ecomed, (Limburger Vereinsdruckerei), Landsberg/ Lech 1984
- Brehm, J. u. M.Meijering: Fließgewässerkunde, Biologische Arbeitsbücher
   36, Quelle und Meyer, Heidelberg 1982
- Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, Verlag Chemie, Weinheim 1979
- Illies, J.: Studien zum Gewässerschutz, Die Verfahren der biologischen Beurteilung des Gütezustandes der Fließgewässer (systematisch-kritische Übersicht) Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft (Hrsg.), Karlsruhe 1980
- Klee, 0.: Angewandte Hydrobiologie, Trinkwasser-Abwasser-Gewässerschutz. Thieme, Stuttgart 1985
- Liebmann, H.: Handbuch der Frischwasser- und Abwasser-biologie,
   Oldenbourg, München 1960
- Niemeyer-Lüllwitz, A., H. Zucchi: Biologie Fließgewässerkunde,
   Studienbücher Biologie, Diesterweg/ Sauerländer, Frankfurt a.M.,
   München 1985
- Schwoerbel, J.: Methoden der Hydrobiologie, Süßwasserbiologie, UTB 979,
   Gustav Fischer, Stuttgart 1980

Schwoerbel, J.: Einführung in die Limnologie, UTB 31, Gustav Fischer,
 Stuttgart 1980

### 5. Firmenanschriften und Bezugsquellen für Materialien Hersteller von Schneiltests

- Macherey-Nagel GmbH + Co. KG, Neumann-Neander-Straße 6-8,
   Postfach 307, 5160 Düren
- E.Merck, Postfach 4119, 6100 Darmstadt
- Analysekoffer und Einzeltests von Macherey-Nagel können bezogen werden über den Labor-, Chemikalien- und Lehrmittelhandel, z.B. bei
- Aug. Hedinger GmbH u.Co., Heiligenwiesen 26, Postfach 600262,
   7000 Stuttgart 60 (Wangen)
- Mauer Didaktische Medien, Hofheimer Str.63, Postfach 20,
   6238 Hofheim am Taunus 7
- Dr. G. Schuchardt, Weidenbreite 12, 3400 Göttingen
- Conatex, Postfach 1220, 6690 St. Wendel

**Der Gewässeruntersuchungskasten und einzelne Tests** von Merck können bezogen werden über die VDSF-Verlags- und Vertriebs-GmbH, Bahnhofstr. 37, 6050 Offenbach/Main

**Die Tests** können außerdem über den Chemikalien- und Laborfachhandel bezogen werden. Auf Wunsch gibt die Firma Merck Lieferhinweise.

**Elektronische Meßgeräte** können bezogen werden von den o.g. Lehrmittelhändlern und von der Firma Prof. Dr. Maey GmbH, Gerhard-Domagk-Str. 2, 5300 Bonn

### 6. Grundausstattung mit Geräten für die Bearbeitung des Ökosystems Fließgewässer

#### Für die Erhebung physikalischer Daten:

- 1 Thermometer mit Zehntel-Grad-Einteilung, möglichst schlaggeschützt, aus ökolog. Gründen kein Quecksilberthermometer verwenden (evtl. im Wasserkoffer enthalten)
- 1 Bandmaß
- 1 Stoppuhrzur Bestimmung von Gefälle
- 1 Schlauchwaageund Fließgeschwindigkeit
- mehrere Glas- oder Polyethylenflaschen mit ca. 11 Inhalt zur Mitnahme von Wasserproben (Anzahl abhängig von der Zahl der Probennahmestellen)
- 1 Glasgefäß mit großer Öffnung (z.B. Einmach- oder Gurkenglas) aus ungefärbtem klarem Glas zur Beurteilung von Trübung, Färbung und Geruch des Wassers (auch beim Absammeln von Indikatororganismen verwendbar)

#### Wenn auch die Menge der absetzbaren Stoffe bestimmt werden soll:

• 1 IMHOFF-Trichter (Preis ca. 45,- incl. Mwst)

#### **Zum Nachweis gelöster Substanzen (chemische Analyse):**

1 Wasserkoffer mit Grundausstattung für die Bestimmung von:

- Temperatur - Ammonium

pH-Wert 4,0 - 10,0Carbonathärte (Säurebindungsvermögen)Nitrat

- Gelöster Sauerstoff/Sauerstoffdefizit - Gesamthärte

Das Testbesteck für Phosphat erfaßt nur Orthophosphate. Soll der Gesamtphosphatgehalt erfaßt werden (Pyro-, Meta- und Polyphosphate machen den Hauptanteil im Wasser aus), dann müssen sie in einem eigenen Verfahren aufgeschlossen werden.

Aus Erfahrung kann man sagen, daß ohne diesen Aufschluß sich kein Phosphat nachweisen läßt.

1 Sammelgefäß (Abfallflasche) für die Reste von Chemikalien und die untersuchten Wasserproben

#### Alternative zum "Wasserkoffer":

Einzeltestbestecke zur Bestimmung der gleichen Parameter jedoch für ca. doppelt so viele Analysen pro Parameter. Insgesamt sind die Einzeltestbestecke nur wenig

teurer als der entsprechend ausgestattete Wasserkoffer. Wenn zu erwarten ist, dass viele Bestimmungen im Jahr durchgeführt werden, ist die Anschaffung von Einzeltestbestecken insgesamt wohl kostengünstiger.

- 1 Leitfähigkeitsmeßgerät (das einzige elektrische Gerät, für das es keine Alternative gibt) Preis für ein einfaches Gerät:
   ca. 280,- DM incl. Mwst. (Fa. Mauer)
- mehrere Winklerflaschen mit 30 ml Inhalt (eine gleich große Flasche befindet sich im Testbesteck) zur Bestimmung des Biochemischen auerstoffbedarfs (BSB) (Die Anzahl ist abhängig von der Zahl der Probennahmestellen.) Preis: ca. 17,- DM incl. Mwst./Stück
- ein Kästchen, in dem diese Proben dunkel und kühl aufbewahrt werden, kann aus Styropor, das mit Alufolie ausgekleidet wird, hergestellt werden.

#### Hilfsmittel zum Absammeln und Bestimmen der Indikatororganismen:

Ausstattung für eine Arbeitsgruppe (2-3 Schüler):

- ein engmaschiges Metallsieb (Küchensieb) von ca. 15-20 cm Durchmesser
- 1 1-Tiefkühlklarsichtbox oder größeres Glas (z.B. Gurkenglas) (siehe oben)
- 1 Lupe (z.B. 10 x Einschlaglupe)
- 2 Tuschepinsel
- 2 Federstahlpinzetten oder Sieblöffel (Natriumlöffel)
- 3 flache weiße Deckel oder Petrischalen
- 1 weiße Präparierschale oder 1 weißer Plastikcampingteller
- Thermosflasche (zur Mitnahme von Wasserproben mit lebenden Organismen)
- Tücher (zum Abtrocknen der Geräte)
- Bestimmungsbücher und -tabellen (in Klarsichtfolie)
- Protokoll-"formulare", Bleistift
- 4-5 Sammelgläser mit Fixierlösungen (Babynahrungsgläser gut geignet)
- KunststoffContainer zum Transport der Geräte

Die Geräte, bis auf die Federstahlpinzetten, kann man im Haushaltswarenhandel erwerben. In einem Kunststoff-Container verstaut, lassen sie sich problemlos aufbewahren und transportieren. In ihm ist auch Platz für Sammelgläser mit Fixierlösungen, falls Organismen für nähere Untersuchungen bzw. für Bestimmungsübungen mitgenommen werden sollen.

Die Anzahl dieser Hilfsmittel für das Absammeln von Organismen richtet sich nach der Anzahl der Schüler, die gleichzeitig diese Arbeit durchführen sollen.