

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

**Saarland** 

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)

Herausgeber: Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM) Beethovenstraße 26 6602 Saarbrücken-Dudweiler

Redaktion: Sibylle Knauss

Druck: Westfälische Verlagsdruckerei GmbH Rickertstraße 26, 6670 St. Ingbert

1. Auflage: 0 bis 3.000 Exemplare, Mai 1989

WIR UNTERSUCHEN EINEN BACH

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

Diese Anleitung ist verknüpft mit einem Bericht über Gewässeruntersuchungen am Saubach bei Lebach, die im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft des Realgymnasiums Lebach durchgeführt wurden.

Inhaltsverzeichnis:

Vorwort	3
1 Die Suche nach einem geeigneten	5
2 Das Objekt: Der Saubach bei Lebach	6
2.1. Verlauf und Zustand des Baches	6
2.2. Die Geologie des Einzugsbereichs	9
2.3. Die Flächennutzung im Einzugsbereich	11
3 Eine erste orientierende Exkursion	13
3.1. Messungen im Rahmen der Exkursion	14
3.2. Bericht und Kartierung	16
3.3. Festlegen der Probenentnahmestellen	16
4. Die Arbeit an der ersten Untersuchungsstelle	20
4.1. Die Problemstellung	20
4.2. Beschreibung der Probestellen	21
4.3. Indikatoren für die Wasserqualität	21
4.3.1. Farbe, Trübung, Geruch, Menge der absetzbaren Stoffe	23
4.3.2. Im Wasser gelöste Stoffe (außer Sauerstoff)	24
- Methode der Probennahme	24
- Gefäße zum Aufbewahren der Proben	25
- Hilfsmittel und Geräte zur Bestimmung	25
4.3.3. Bestimmung des Sauerstoffgehaltes	26
- Der Sauerstoffhaushalt	26
- Verfahren und Hilfsmittel	26
- Probennahme aus größerer Tiefe	26
- Probennahme aus geringer Tiefe	27
4.3.4. Die Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB)	28
- Methode	28
- Hilfsmittel	29
4.3.5. Protokollieren der erhobenen Daten	30
4.3.6. Allgemeine Hinweise, die bei der Durchführung der chemischen Analysen berücksichtigt werden sollten	32

4 3.7. Die Ermittlung biologischer Daten	33
- Bedeutung biologischer Daten	33
- Das Saprobiensystem	33
- Hilfsmittel zum Absammeln der Indikatororganismen	35
- Die Probennahme	37
- Bestimmen der Organismen	38
- Auszählen der Indikatororganismen	39
- Protokoll	40
5. Theoretische Untermauerung der Gewässergütebestimmung	40
6. Die weiteren Untersuchungsstellen	40
7. Die Gesamtanalyse	41
8. Bearbeitung und Auswertung der Analyseergebnisse	42
9. Veröffentlichung der Arbeit	45
10. Bewertung	46

Anhang:

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	A11
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	

## Vorwort

Das Wasser und die von ihm beherrschten Ökosysteme, seien es Fließgewässer, stehende Gewässer oder die Meere, gewinnen zunehmend an öffentlichem Interesse.

Vor allem uns Menschen in den Industrienationen schien Wasser in schier unerschöpflicher Menge und guter Qualität zur Verfügung zu stehen. Nun stehen wir immer häufiger vor der bedrückenden Tatsache, daß dieser für alle Organismen absolut lebensnotwendige Stoff durch den Menschen selbst immer mehr belastet und damit in zunehmendem Maße unbrauchbar wird. Dies gibt uns allen Grund dazu, nicht nur in der Schule, sondern auf allen Ebenen des öffentlichen Lebens Bewußtsein für seine Bedeutung und seine Gefährdung zu schaffen.

Im Zuge der Bestrebungen, verstärkt umweltbezogene Lernziele und Lerninhalte in unsere Lehrpläne und in den realitätsbezogenen Unterricht verschiedener Fächer aufzunehmen, sind sicherlich auch deshalb die Gewässerökosysteme in den Mittelpunkt des Interesses gelangt. Eine Erhebung der an saarländischen Schulen durchgeführten Projekte mit Umweltbezug belegt jedenfalls sehr deutlich die Tendenz, sich zunehmend mit der Situation unserer Gewässer zu beschäftigen. Sie zeigt aber auch, daß das Interesse quer durch alle Schulformen und Klassenstufen geht, wobei zur Zeit das Übergewicht bei den Fächern Biologie, Geographie und Chemie liegt. Aber auch Kollegen anderer Fächer greifen zunehmend diese Problematik auf.

Ein wesentlicher Bestandteil jeglicher Arbeit am Gewässer ist die Erhebung von Daten, die seinen Zustand dokumentieren. Gerade dies ist aber häufig ein Hemmschuh, der viele, durchaus Interessierte von der praktischen Arbeit am Gewässer abhält, da sie in der Nutzung der Geräte und Hilfsmittel keine Erfahrung haben. Diese Unsicherheit provoziert u.U. auch das Bestreben, möglichst alles was\* meßbar ist, messen zu wollen, mit der Folge, daß der finanzielle Aufwand für die Anschaffung der entsprechenden Geräte unter Umständen überproportional hoch

wird, ohne daß die erhobenen Daten tatsächlich gewinnbringend im Unterricht eingesetzt werden können.

Die folgende Schrift soll deshalb Hilfestellung leisten. Sie ist Bestandteil eines umfangreichen Paketes von Unterrichtsvorschlägen und -hilfen zum Thema "Wasser", das im Rahmen des Projektes "Integrierte Umwelterziehung in der Schule" erstellt wird. Die detaillierten Vorschläge für Arbeiten an Fließgewässern sind verknüpft mit einem Bericht über Gewässeruntersuchungen am Saubach bei Lebach, die im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft des Realgymnasiums Lebach durchgeführt wurden. Außer methodischen Hinweisen enthält sie Protokollbögen, einen Bestimmungsschlüssel für Bioindikatoren, Kartierungsanleitungen, ein Beispiel für die Umsetzung der Meßergebnisse, eine gegliederte Literaturliste und im Anhang Vorschläge für die Ausstattung mit Geräten sowie eine kurze Darstellung der Vor- und Nachteile verschiedener Geräte und Hilfsmittel für die physikalisch-chemischen 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. Ihnen bleibt es jedoch überlassen, aus den hier vorgeschlagenen Arbeiten eine alters-, fach- und leistungsspezifische Auswahl zu treffen und entsprechende Schwerpunkte zu setzen.

Jedem, der sich an diese Materie heranwagt, wird sich ein anderes Umfeld bieten, sei es durch die Zusammensetzung und die Altersstruktur der Arbeitsgruppe, sei es durch die örtlichen Bedingungen. Daher ist es nicht möglich, eine "Bedienungsanleitung zur Untersuchung eines Baches" zu schreiben, die allen Situationen gerecht wird. Um dennoch neben der rein methodisch-didaktischen Anleitung auch weitere in der Praxis auftretende Überlegungen sowie Probleme und Beispiele für ihre Lösungen weitergeben zu können, wurde diese Form der Darstellung, d.h. eine allgemeine Anleitung verknüpft mit einer Projektbeschreibung, gewählt. Diejenigen Textteile, die speziell über die Arbeit der AG berichten, sind durch ein anderes Schriftformat (kursiv) abgesetzt.

## 1. Die Suche nach einem geeigneten Objekt

Ein geeignetes Gewässer zu finden, ist häufig das erste Problem, das sich stellt. Um gewinnbringend daran arbeiten zu können, sollte es gewissen Anforderungen entsprechen.

### Folgender Kriterienkatalog kann Richtschnur bei der Suche sein:

- das Gewässer sollte nicht zu lang sein, damit es in seiner Gesamtheit überschaubar bleibt und einzelne unterschiedliche Abschnitte problemlos zu erreichen sind,
- es sollte für den Raum (im Beispiel das Prims-Blies-Hügelland), möglichst typisch sein und sich in mehrere morphologisch gut zu unterscheidende Abschnitte (Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf) gliedern lassen,
- es sollten Abschnitte darin enthalten sein, die weitestgehend naturbelassen und solche, die vom Menschen überformt sind,
- es sollte nicht zu wasserreich sein, damit Untersuchungen des Gewässerbodens problemlos möglich sind,
- es sollte in nicht allzu großer Entfernung von der Schule liegen.

Findet sich in akzeptabler Nähe kein Fluß oder Bach, der insgesamt diesen Anforderungen entspricht, können auch einzelne Abschnitte verschiedener Gewässer untersucht werden.

*In dem geschilderten Beispiel ist das einzige größere Gewässer, das von der Schule aus auch zu Fuß in angemessener Zeit zu erreichen ist, ein kleiner Fluß, die Theel. Diese stellte sich jedoch als ungeeignet heraus, da sie in diesem Bereich begradigt ist und deshalb bereits bei mittlerer Wasserführung eine recht hohe Fließgeschwindigkeit besitzt. Sie bietet außerdem, bedingt durch die Begradigung, in diesem Abschnitt keine differenzierten Lebensräume. Hinzu kommt, daß ihr Wasser, durch ungeklärte Einleitungen in den Oberlauf, auch im Bereich von Lebach noch stark belastet ist.*

*Bei der Suche stießen wir schließlich auf den Saubach, ein kleines Gewässer,*

*das am Eingang von Lebach in die Theel mündet. Er entspricht den von uns festgelegten Kriterien. Außerdem hatte eine Reihe von Schülern und Schülerinnen der Arbeitsgemeinschaft besonderes Interesse an ihm, da sie in seinem Einzugsbereich wohnen.*

*Um dem Leser eine Vorstellung von diesem Gewässer zu vermitteln, das von der AG untersucht wurde, sollen an dieser Stelle der Saubach und sein Einzugsbereich kurz dargestellt werden.*

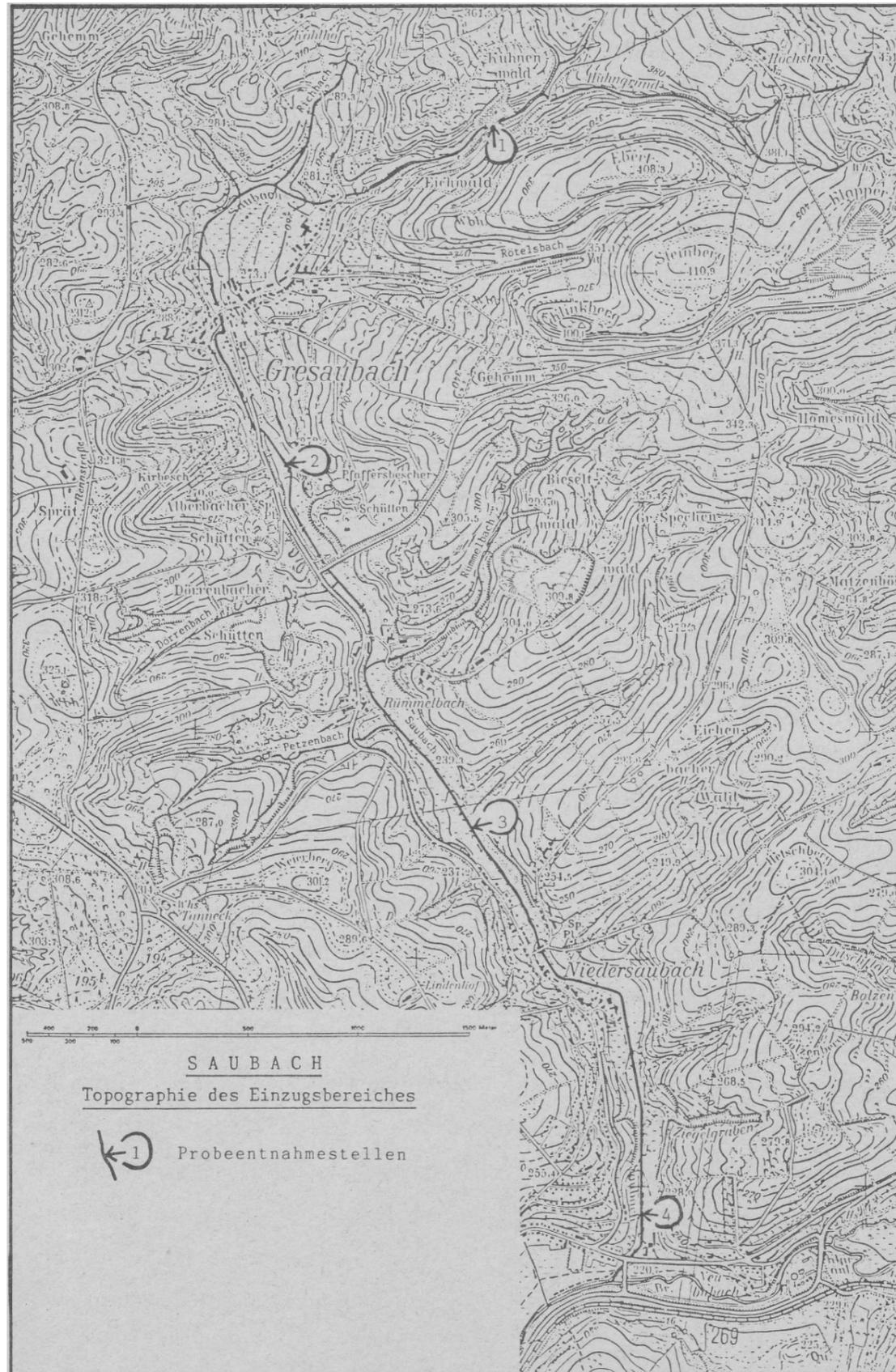
## 2. Das Objekt: Der Saubach bei Lebach (Kurzbeschreibung)

### 2.1. Verlauf und Zustand des Baches

Dieser etwa sieben Kilometer lange Bach entspringt am Klapper-Berg nordöstlich von Gresaubach (Stadt Lebach) nahe der kleinen Siedlung Höchsten in einer Höhe von ca. 410 m über NN. Seine Quelle ist nicht deutlich auszumachen. Das Wasser sammelt sich in einem leicht eingemuldeten Quellbereich und fließt, zunächst als schmales Rinnsal, durch ein als Viehweide genutztes flaches, sumpfiges Muldentälchen nach Westen in Richtung Gresaubach. Die Flächen außerhalb des unmittelbaren Talbereichs sind ackerbaulich, vorwiegend zum Weizenanbau, genutzt.

Nach etwa 700 m vereinigt sich dieser Quellbach mit einem anderen, der direkt von der Siedlung Höchsten kommt. Der nun deutlich wasserreichere Bach tritt in ein Waldgelände ein und hat sich ab hier ein mehr oder weniger enges Kerbtal geschaffen. In diesem Abschnitt befindet sich der Bach in naturnahem Zustand. Seine Sohle besteht aus mehr oder weniger großen kaum gerundeten Steinen. Die Ufer sind dort, wo das Blätterdach der größeren Bäume es zuläßt, dicht mit Sträuchern und Stauden bewachsen.

Nach etwa 2,22 km, ab der Quelle gemessen, öffnet sich das Tal, das Gelände wird flacher, der Saubach fließt nun durch den Ortsbereich von Gresaubach. Hier ist er streckenweise verrohrt oder seine Ufer sind verbaut und sein Bett ist an den westlichen Hangfuß verlegt. Ab dem Ortsausgang von Gresaubach fließt er in einer im Mittel etwa 100 m breiten Talaue bis zur Mündung in die Theel nahe Lebach. Sein Verlauf in dieser Talaue ist überwiegend anthropogen beeinflusst. Durch Befragun-



Karte 1: Topographie des Einzugsbereiches und Lage der Meßstellen

gen in der Bevölkerung konnten die Schüler herausfinden, daß das Bachbett etwa um 1935 durch den Reichsarbeitsdienst verlegt und begradigt wurde.. Spuren davon in Form von Holzverbauungen lassen sich heute noch feststellen. Die jüngsten Ausbaumaßnahmen direkt unterhalb von Gresaubach liegen noch nicht sehr lange zurück. Erkennbar ist dies an der Befestigung von Uferabschnitten mit Rasengittersteinen. Durch die Begradigung wurde die Fließgeschwindigkeit des Baches beträchtlich erhöht. Als Folge davon hat er sich so tief in den Auelehm eingeschnitten, daß stellenweise die darunterliegenden geologischen Schichten wieder freigelegt wurden. In den hohen und steilen Böschungen bildeten sich Auskolkungen. Uferabbrüche sind die Folge, z.T. auch bedingt durch massiven Viehvertritt.

Der Bewuchs der Ufer besteht überwiegend aus Hochstauden. Streckenweise wurden Erlen und Weiden angepflanzt, von einem geschlossenen Gehölzsaum kann jedoch nicht die Rede sein. Lediglich vor und hinter Rummelbach sind einzelne ca. 50 bis 100 m lange Abschnitte geschlossen mit älteren Erlen und Weiden bestanden. Die Mündung liegt auf einer Höhe von 220 m über NN. Der Bach überwindet also einen Höhenunterschied von 190 m, wobei das Gefälle am größten im ersten Drittel ist, etwa 120 m auf zwei Kilometer.

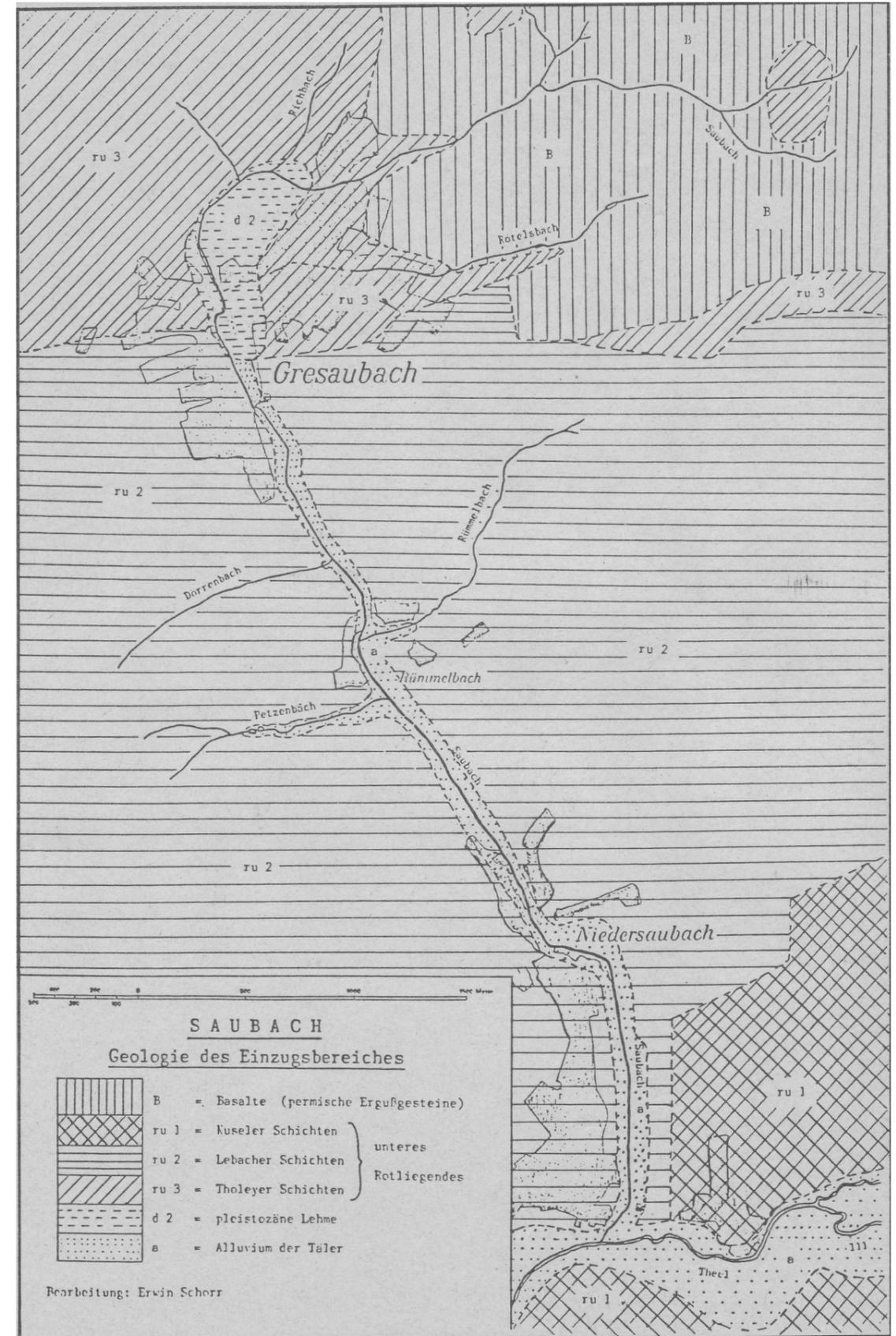
Das Gewässernetz bildet in einer Landschaft gleichsam deren Adersystem. Es sammelt in seinem Einzugsgebiet das abfließende Oberflächenwasser und das in Quellen oder als Sickerwasser austretende Grundwasser. Außerdem dient der größte Teil unserer Fließgewässer als Vorfluter, d.h. sie nehmen Abwässer verschiedenster Art auf. Sollen nun der Zustand eines Gewässers und seine Wasser-güte untersucht und Gründe für die bestehenden Verhältnisse gefunden werden, ist es unumgänglich, nicht nur Abwassereinleitungen zu berücksichtigen, sondern auch Geologie und Flächennutzung im Einzugsgebiet. Letztere spielen eine zentrale Rolle für Art und Menge im Wasser gelöster Salze, z.B. Carbonate, Nitrate, Phosphate, usw. und damit auch für die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften eines Gewässers. Daher sollen sie im folgenden kurz dargestellt werden.

## 2.2. Die Geologie des Einzugsbereichs

Der Bach entspringt auf dem Höhenzug des H"ochster. In der alten preu"ussischen Karte (GREBE/WEIS 1889) wurde dessen Gestein als "Basalt- "ahnlicher Melaphyr oder Meso-Basalt (MI)" dargestellt, der als permisches Ergu"ssgestein in den Lebacher und Tholeyer Schichten des Rotliegenden auftritt. In der geologischen Karte des Saarlandes ist es unter der Sammelbezeichnung Basalt ausgewiesen.

In frischem Zustand hat das Gestein eine grau-schwarze Farbe. Es besitzt einen unebenen Bruch und ist so feink"ornig, da" einzelne Mineralien nur schwer zu erkennen sind. Die oberste Schicht ist so verwittert, da" das Gestein meist braun und rostgelb gefleckt und von dichter und erdiger Beschaffenheit erscheint.

Nahe dem Ortsbereich von Gresaubach verl"ast der Bach die permischen Ergu"ssgesteine. Er gelangt in die Schichten des unteren Rotliegenden. Zun"achst sind es die Tholeyer Schichten, die hier von einem kleinen Vorkommen pleistoz"aner Lehme "uberlagert sind. Seine Zufl"usse kommen jedoch aus den Tholeyer Schichten. Etwa in der Mitte des Ortes "uberquert er die Grenze zwischen den Tholeyer und Lebacher Schichten. Die Lebacher Schichten, die den gr"o"sten Teil des Einzugsbereiches aufbauen, bestehen in ihrem unteren Teil aus gelb-grauen, seltener wei"sen oder r"otlichen und violetten, feink"ornigen, glimmerf"uhrenden Sandsteinen und Feldspatsteinen (Arkosen). Diese sind nur in einzelnen Lagen etwas gr"o"ber, selten grobk"ornig und konglomeratisch. Dar"uber folgen dunkelgraue, d"unnbl"attrige gut spaltbare Schiefertone; sie zeigen matte, wenig schimmernde Bruchfl"achen, sind wenig sandig und glimmerhaltig und umschlie"en zahlreiche flache Konkretionen von tonigem Sph"arosiderit, die "Lebacher Knollen und Lebacher Eier". Sie beherbergen oft Fossilreste: Panzerlurche, Fische, Insekten, Krebse. Der obere Teil der Lebacher Schichten setzt sich aus gelbgrauen, glimmerf"uhrenden, feink"ornigen, plattigen Sandsteinen zusammen, denen hell- und dunkelgraue, gelb verwitternde Schiefertone zwischengelagert sind. In den unteren Sandsteinen und in den knollenf"uhrenden Schiefertonen finden sich d"unne Kalksteineinlagerungen. Die Sph"arosiderit-f"uhrenden Schichten haben eine



Karte 2: Geologie des Einzugsbereiches (Auszug aus der geologischen Karte des Saarlandes)

Mächtigkeit von 20 - 30 m; ihre Verbreitung ist durch die Gruben, in denen die Knollen früher lange Zeit bergmännisch abgebaut wurden, leicht zu verfolgen. Infolge sehr flacher Lagerung, aber auch wegen der größeren Mächtigkeit weist der Streifen seine größte Breite besonders zwischen Gresaubach und Rümmelbach auf, wo sich auch die größten Gruben befanden.

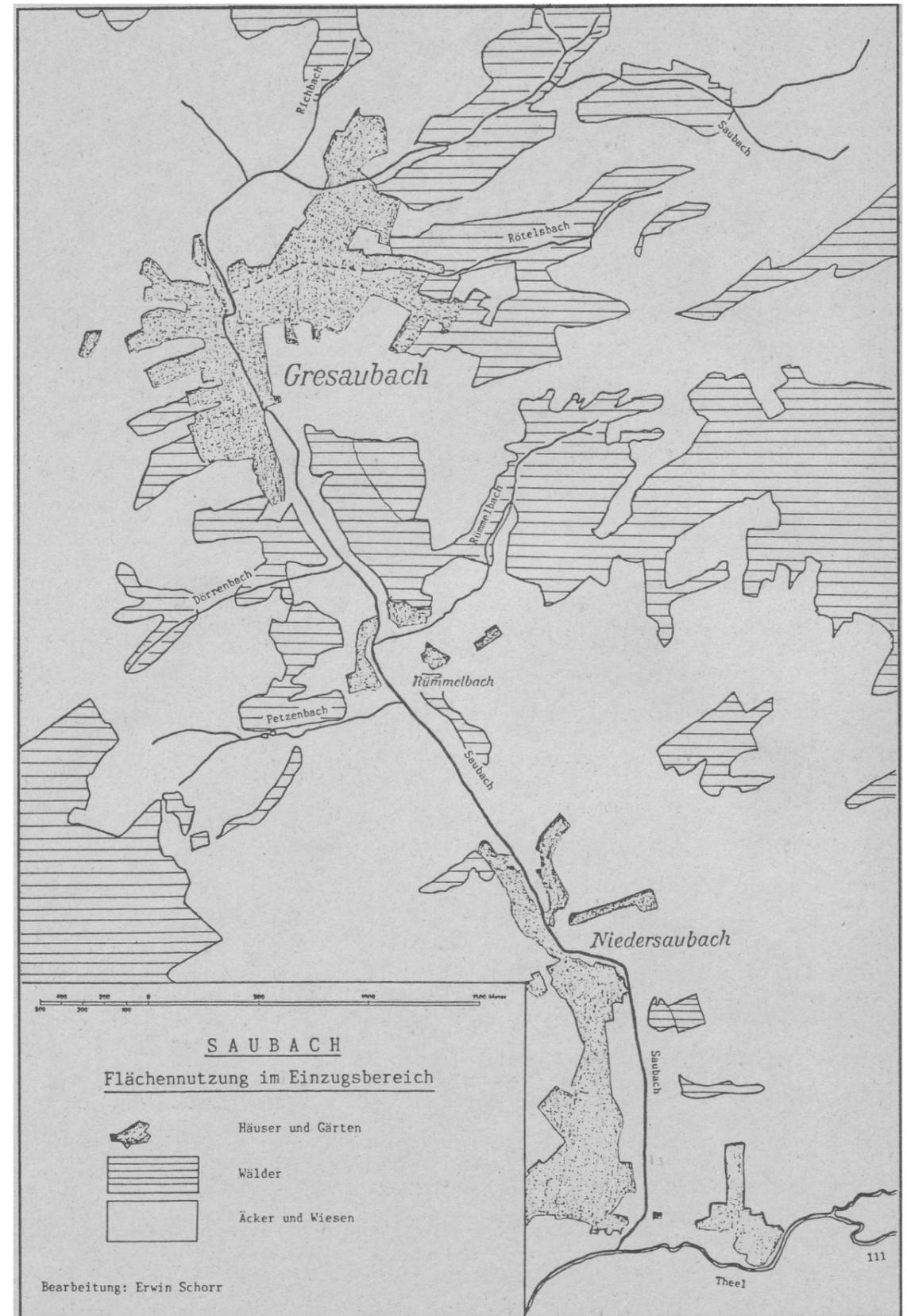
Keine der geologischen Schichten, vor allem im Bereich des Oberlaufes, besitzt also nennenswerte Kalkgehalte.

### 2.3. Die Flächennutzung im Einzugsbereich

Wie Karte 3 zeigt, werden über die Hälfte der Flächen des Einzugsbereiches als Äcker, Wiesen und Weiden genutzt. Im Bereich des Talbodens und in unmittelbarer Nähe der größeren Zuflüsse gibt es keine Äcker, sondern ausschließlich Wiesen und Weiden bzw. Mähweiden. Nur ein geringer Anteil dieser Flächen liegt brach; der größte Teil wird bis zur Böschungskante des Baches genutzt.

Die Ackerflächen sind überwiegend durch Getreideanbau intensiv genutzt. Im oberen Drittel durchfließt der Saubach ein größeres Waldstück. Die erste Hälfte davon besteht aus einem jüngeren Nadelwald, die anschließende Hälfte aus Laubwald mit überwiegend älterem Buchenbestand. Drei Ortschaften durchquert der Bach: Gresaubach mit 2177 Einwohnern, Rümmelbach und Niedersaubach mit zusammen 740 Einwohnern. In keinem der drei Orte gibt es größere gewerbliche Betriebe oder gar Industrie. Die Zahl der landwirtschaftlichen Betriebe ist in den letzten Jahren stark geschrumpft. Zur Zeit bestehen in Gresaubach sechs landwirtschaftliche Haupterwerbs- und 4 Nebenerwerbsbetriebe mit Flächengrößen von 105 bis 3,3 ha. Einer dieser Betriebe betreibt Intensivviehzucht mit 140 Mastschweinen und 90 Kühen. In Niedersaubach und Rümmelbach zusammen bewirtschaften 10 landwirtschaftliche Haupterwerbs- und zwei Nebenerwerbsbetriebe Flächengrößen von 64 bis 11 ha. Intensivviehzucht wird hier nicht betrieben.

In den Ortschaften reichen Grundstücke mit Gärten, Rasen, Hühnerhöfen, usw.



Karte 3: Flächennutzung im Einzugsbereich (Auszug aus dem Flächennutzungsplan der Stadt Lebach)

sowie bäuerliche Anwesen bis unmittelbar an den Bachrand.

Der Einzugsbereich ist seit etwa 12 Jahren durch einen Hauptsammler, der in der Aue nahe dem Bach verläuft, an das Kanalnetz und die Kläranlage der Stadt Lebach angeschlossen. Von offizieller Seite heißt es, daß die Anschlußquote nahezu 100% beträgt. Jedoch gibt es immer wieder Klagen über stoßweise Belastungen des Gewässers, möglicherweise durch Fehlfunktion einzelner Regenüberlaufbauwerke und zeitweilige Überlastung des Sammlernetzes.

### 3. Eine erste orientierende Exkursion

*Bevor die eigentliche Arbeit am Gewässer beginnen konnte, mußten in unserem Beispiel jedoch zunächst zwei nicht unwichtige "technische" Fragen geklärt werden:*

- *Läßt sich diese Arbeit während der Unterrichtszeit durchführen?*
- *Wie gelangen die Schüler zum Gewässer?*

*Allen war klar, daß die Arbeit am Bach viel Zeit in Anspruch nehmen würde, sowohl für die Fahrt zum Gewässer, das etwa drei bis vier Kilometer von unserer Schule entfernt liegt, als auch für die Untersuchungen selbst. Da es sich um eine Arbeitsgemeinschaft handelte, für die keine Unterrichtszeit eingeplant war, beschlossen wir, uns nachmittags dort zu treffen. Damit waren wir auch zeitlich nicht eingeengt, wenn es einmal länger dauern sollte. Das Transportproblem lösten die Schüler bzw. ihre Eltern in eigener Regie.*

#### **Begehung des Gewässers.**

Die eigentliche Arbeit am Gewässer beginnt mit einer orientierenden Exkursion. In ihrem Verlauf sieht man sich größere Strecken der einzelnen Bachabschnitte oder das ganze Gewässer an. Damit sie nicht in einen Spaziergang ausartet, werden bereits erste Messungen durchgeführt, die jedoch nicht zu umfangreich sein sollten..

---

Die AG setzte sich zusammen aus Schülerinnen und Schülern, die zu Beginn der Arbeit in den Klassenstufen 8 und 11 waren.

### 3.1. Messungen im Rahmen der Exkursion

**Luft- und Wassertemperatur** stehen untereinander in enger Wechselbeziehung und die Wassertemperatur beeinflusst andere Größen, wie z.B. die Löslichkeit von Gasen oder die Stoffwechselleistungen der wechselwarmen Organismen des Gewässers. Zu ihrer Bestimmung benötigt man ein Thermometer, möglichst schlaggeschützt und mit Zehntel-Grad-Einteilung. Im Sinne einer umfassenden Umwelterziehung ist zu beachten, daß quecksilberhaltige Thermometer bei Bruch ein giftiges Schwermetall freisetzen. Bei tieferen Gewässern kann der Einsatz eines elektronischen Thermometers mit Verlängerungskabel von Vorteil sein. Ein solches Gerät ermöglicht eine nahezu verzögerungsfreie Ermittlung der Veränderung der Temperatur in zunehmender Tiefe. Sein Preis ist jedoch recht hoch (z.B. Gerät mit 5 m Kabel, 360 DM, Fa. Schuchardt).

•**Gefälle, Strömung, Wasserführung.** Hauptbedingungen für die Ausprägung von Fließgewässer-Ökosystemen sind Kraft und Einfluß des fließenden Wassers. Strömung und Wasserführung entscheiden über die Biotopstrukturen von Gewässer und Aue und beeinflussen maßgebend wichtige physikalische und chemische Eigenschaften des Wassers. Zur Ermittlung der entsprechenden Werte und Darstellung der Beziehung: Gefälle - Strömungsgeschwindigkeit Transportkraft des Wassers werden benötigt:

- ein Bandmaß zum Abmessen einer Strecke, über die, zur Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit, das Verdriften eines Holzstückchens, Korkens oder von Farblösung gemessen wird. Außerdem wird es benötigt, um Breite und Tiefe des Gewässers festzustellen.
- eine Stoppuhr.

eine Schlauchwaage zur Bestimmung des Gefälles. Sie besteht aus einem etwa 10 m langen durchsichtigen Plastikschlauch mit einem Innendurchmesser von ca. 1 cm. Dieser wird luftblasenfrei mit Wasser gefüllt und zum Transport an beiden Enden dicht mit Gummistopfen verschlossen. Er kann aber auch an Ort und Stelle mit sauberem Wasser gefüllt werden. Nach dem

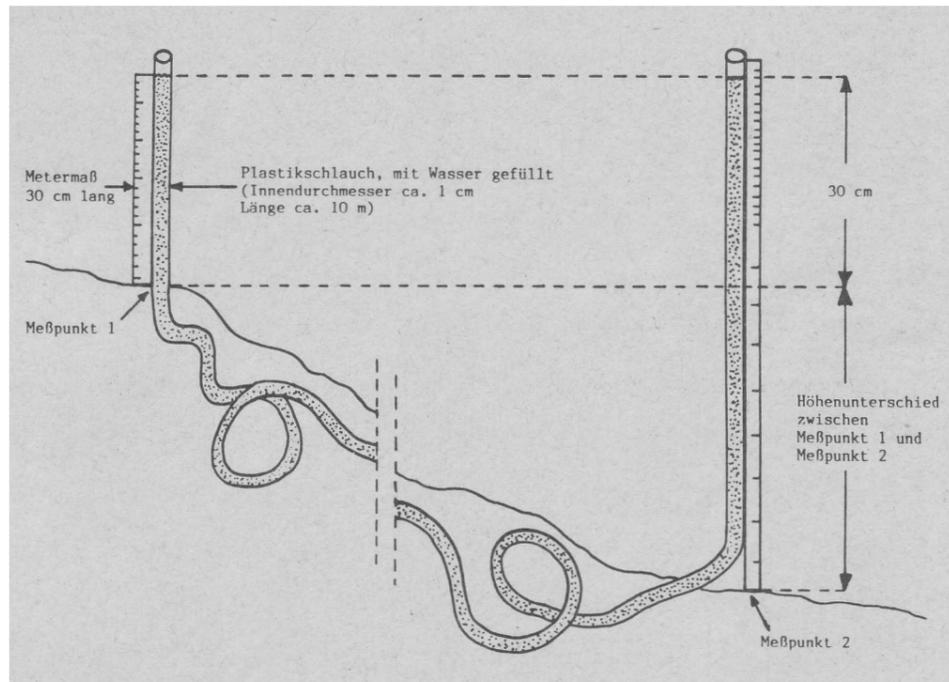


Abb.1: Messen von Höhenunterschieden mit Hilfe einer Schlauchwaage

Prinzip der kommunizierenden Röhren haben die Wasserspiegel an seinen beiden Enden die gleiche Höhe (dazu müssen die Stopfen jedoch entfernt werden). Die Differenz ihres Abstandes zur Bodenoberfläche entspricht dem Höhenunterschied zwischen den beiden Meßpunkten.

**Die Messung der Wasserführung** ist in diesem Rahmen nicht möglich. Die Unterschiede in den einzelnen Abschnitten des Gewässers sollten jedoch beachtet und festgehalten werden.

*Das Bild, das der Bach und seine Umgebung an den verschiedenen Stellen bot, und die Meßergebnisse waren für uns Anlaß, über die unterschiedlichen Bedingungen zu diskutieren. Diese Gelegenheit ließ sich auch nutzen, in jedem Abschnitt bereits auf die Besiedlung des Bachbettes mit unterschiedlichen Organismen hinzuweisen. Die Beobachtung der Tiere, die an und unter Steinen oder anderen größeren Gegenständen in unseren Gewässern zu finden sind, war für die Schüler neu und besonders motivierend.*

### 3.2. Bericht und Kartierung

**Bericht über die Begehung.** Läßt man über diese Begehung einen Bericht verfassen, sind alle Teilnehmer zu präziser Beobachtung gezwungen. Hilfreich zum Sammeln von Daten für diesen Bericht ist ein "Erhebungsbogen" (Abb.2), wie er für die saarländischen Bachpaten erarbeitet wurde. Während der Begehung wird bei charakteristischer Änderung des Gewässerzustandes jeweils ein neuer Bogen angelegt.

**Kartierung des Gewässerzustandes.** Übersichtlich und schnell erfaßbar wird der Bericht, wenn er in Form einer Karte verfaßt wird. In ihr lassen sich mit Hilfe von Signaturen wichtige Merkmale des Gewässerzustandes wie Ausbaugrad, Zustand der Ufervegetation, Zuflüsse, Einleitungen usw. darstellen. Dazu wird in ein Kartenblatt der Maßstäbe 1:10 000 oder 1:5 000 ein "Kartierungsstreifen" von ca. 1,5 cm Breite über das Gewässer gelegt. Dies läßt sich leicht machen, indem man mit Hilfe von Tipp-Ex in einer Kopie des entsprechenden Kartenbereichs die Signaturen löscht oder einen entsprechend breiten Papierstreifen darüberklebt. In diese nun freie Fläche zeichnet man links und rechts des Baches je ein etwa 5 mm breites Kartierungsband für den Uferzustand ein. In der Mitte bleibt ein Kartierungsband für den Zustand des Bachbettes frei. Vor Ort kann dann der Zustand des Bachbettes und seiner Ufer unmittelbar in dieser Vorlage dokumentiert werden (Abb.3).

### 3.3. Festlegen der Probenentnahmestellen

Neben dem reinen "Kennenlernen" des Baches ist ein wesentlicher Gesichtspunkt dieser orientierenden Exkursion das Festlegen der Stellen, an denen später die Einzeluntersuchungen durchgeführt werden sollten. Ihrer Wahl muß besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, denn ihre Lage ist entscheidend für die Aussagekraft des Untersuchungsprogramms. Die Anzahl sollte sich auf wenige, aber für den Bach- oder Flußlauf und seine Umgebung typische Stellen beschränken.

NAME des GEWÄSSERS		Bearbeiter/in		Datum	
<b>BESCHREIBUNG DER GEWÄSSERSTRECKE</b>					
von	bis	GEMEINDE		TOP. KARTE	
<b>GEWASSERBREITE</b>	<b>LINIENFÜHRUNG</b>	<input type="checkbox"/> gerade	<input type="checkbox"/> schlangelnd	<b>FLIESSZUSTAND *)</b>	
<input type="checkbox"/> gleichbleibend	<input type="checkbox"/> nicht ausgebaut	<input type="checkbox"/> mäandrierend	<input type="checkbox"/> rasch wechselnd	<input type="checkbox"/> gleichförmig	<input type="checkbox"/> wechselnd
<b>FLIESSGESCHWINDIGKEIT</b>	<b>GEWÄSSERPROFIL und AUSBAUZUSTAND</b>		<input type="checkbox"/> Rasengittersteine		
<input type="checkbox"/> langsam fließend	<input type="checkbox"/> Bett naturnah	<input type="checkbox"/> Rechteckprofil	<input type="checkbox"/> verrohrt		
<input type="checkbox"/> schnell fließend	<input type="checkbox"/> Steinschüttung	<input type="checkbox"/> Betonschalen	<input type="checkbox"/> Stein- u. Betonmauern		
<input type="checkbox"/> stehend	<input type="checkbox"/> Trapezprofil	<input type="checkbox"/> Steinpflaster	<input type="checkbox"/> Blockwurf		
<b>BÄUME und STRÄUCHER AM UFER</b>		<b>TIEFE des WASSERLAUFS (Quer- u. Längsprofil)</b>			
<input type="checkbox"/> zweiseitig	<input type="checkbox"/> Bewuchs reicht bis MW-Bereich	<input type="checkbox"/> stark unterschiedliche Verhältnisse			
<input type="checkbox"/> einseitig	<input type="checkbox"/> Bewuchs erst ab der Böschungsoberkante.	<input type="checkbox"/> gleichmäßige Verhältnisse			
<input type="checkbox"/> ein- und zweiseitig wechselnd					
<input type="checkbox"/> kein Bewuchs					
<b>SCHÄDEN AM UFER</b>		<b>ANGRENZENDE NUTZUNG (in Fließrichtung)</b>			
<input type="checkbox"/> Uferabbruch	<input type="checkbox"/> windgeworfener Baum	links	rechts	links	rechts
<input type="checkbox"/> Unterspülung von Bäumen	<input type="checkbox"/> Auskolkung des Ufers	1 Wald	5 Äcker	6 Wohnen	
		2. Wiese	7 Industrie		
		3 Weide	8		
		4 Brache			
<b>SEDIMENTBESCHAFFENHEIT</b>		<b>BEEINTRÄCHTIGUNGEN im Gebiet</b>		<b>FLURBEREINIGUNG Bewert.</b>	
<input type="checkbox"/> Sand	<input type="checkbox"/> Baumabnehmer	<input type="checkbox"/> Viehtritt	<input type="checkbox"/> stark		
<input type="checkbox"/> Kies	<input type="checkbox"/> Abfall/Schutt	<input type="checkbox"/> Ausbau	<input type="checkbox"/> mäßig		
<input type="checkbox"/> Grobschotter	<input type="checkbox"/> Entwässerung	<input type="checkbox"/> Industrie	<input type="checkbox"/> schwach		
<input type="checkbox"/> Steine	<input type="checkbox"/> Wege	<input type="checkbox"/> Düngung			
	<input type="checkbox"/> Einleiter	<input type="checkbox"/> Fischerel			
<b>EINLEITER</b>		<b>Angabe zu</b>			
<input type="checkbox"/> Rohr	<input type="checkbox"/> oberhalb	Farbe			
<input type="checkbox"/> Graben	<input type="checkbox"/> unterhalb d. Wasserlinie	Geruch			
<input type="checkbox"/> Seitenbach		Herkunft			
<b>FESTGESTELLTE TIERARTEN UND VEGETATIONSBESONDERHEITEN</b>					
hier sind wichtige Arten- wie u.B. Eisvogel zu erfassen.					
<b>FESTGESTELLTE PFLANZENARTEN</b>					
<input type="checkbox"/> Wasserpflanzen	<input type="checkbox"/> Schwimmblattpflanzen	<input type="checkbox"/> Röhrichtpflanzen			
<b>BESONDERHEITEN</b>					
<input type="checkbox"/> Algenbewuchs	<input type="checkbox"/> natürlich	<input type="checkbox"/> überhängend	<input type="checkbox"/> Schotterbänke		
<input type="checkbox"/> veräστε Hänge		<input type="checkbox"/> unterspült	<input type="checkbox"/> Sandbuchten		
<input type="checkbox"/> Altarme		<input type="checkbox"/> Prall- u. Gleithang			
*) Strömungsverhältnisse etwa bei KW					
Quelle: Anleitung für Bachpaten, Minister für Umwelt, Saarland					

Abb. 2: Erhebungsbogen für die Gewässerbegehung



**Wiesbach**

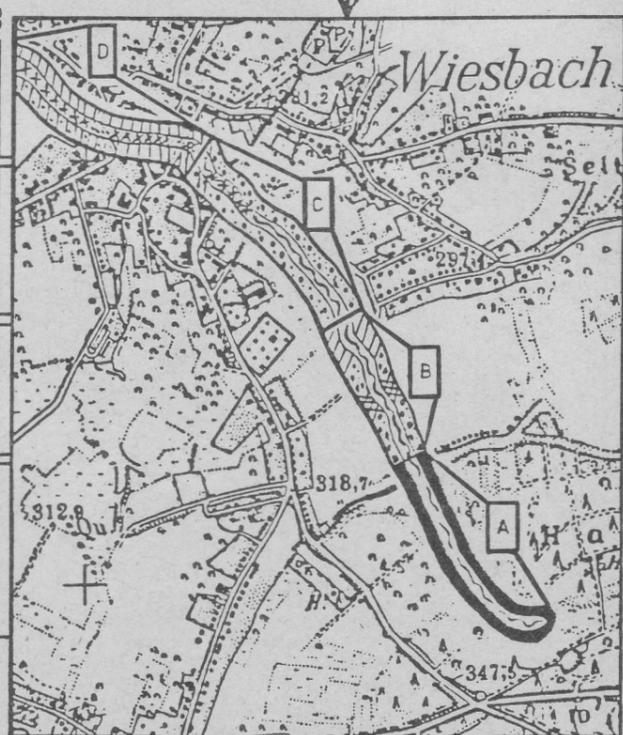
**Vorbereitung der Karte:**

Anlegen zweier Kartierungsbänder beiderseits des Bachlaufes

**Kartierung:**

Eintragen der entsprechenden Signaturen in die Kartierungsbänder

weitere Signaturen können je nach Bedarf ergänzt werden.



Abschnitt D = Erhebungsbogen 4

Abschnitt C = Erhebungsbogen 3

Abschnitt B = Erhebungsbogen 2

Abschnitt A = Erhebungsbogen 1

Für jeden Bachabschnitt mit einheitlichem Charakter, wo Ausbauzustand und/oder Uferzustand etwa gleich sind, wird ein eigener Erhebungsbogen angelegt.

Quelle: Anleitung für Bachpaten, Minister für Umwelt, Saarland

**LEGENDE**

**AUSBAUGRAD:**

- nicht ausgebaut
- begradigt/Steinschüttung
- .... technisch ausgebaut
- ..... verrohrt
- Techanlage

**UFERGEHÖLZE:**

- naturnah
- ▨ halbnatürlich
- naturnah
- ▩ naturfremd
- ohne Signatur nicht untersucht

Abb. 3: Kartierungsanleitung

## Folgender Kriterienkatalog erleichtert die Suche:

### Die Stellen für die Probenentnahme sollen

- repräsentativ sein, d.h. die Eigenart eines bestimmten Gewässerabschnittes widerspiegeln (dies gilt vor allem für die Besiedlung mit Organismen).

#### **Beispiele:**

- an einem überwiegend mit Erlen und Weiden bestandenen Abschnitt nicht eine freie, unbeschattete Stelle wählen.
- an einem Abschnitt mit überwiegend relativ hoher Fließgeschwindigkeit und steinigem Grund, nicht eine Stelle wählen mit geringer Fließgeschwindigkeit und schlammigem Grund.
- aussagekräftig sein, d.h. dort liegen, wo entscheidende Änderungen in der Güte zu erwarten sind.

#### **Beispiele:**

- Lage im Ober-, Mittel- und Unterlauf, da sich hier natürliche Bedingungen, wie z. B. Fließgeschwindigkeit, Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse ändern.
- Lage vor und hinter einem Abwasserzufluß
- Lage vor und hinter einer Siedlung oder Ortschaft
- gut erreichbar und vom Bewuchs und Profil des Baches her möglichst so beschaffen sein, daß durch die Untersuchenden (z.B. Schüler) nichts beschädigt wird und auf die Pflanzen- und Tierwelt des Ufersaumes z.B. während der Hauptvegetations- und Brutzeiten Rücksicht genommen werden kann.

Um bei weiteren Untersuchungen, d.h. auch in nachfolgenden Jahren mit anderen Kursen, Klassen oder Arbeitsgemeinschaften miteinander vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, sollten die Probennahmestellen und ihre Umgebung über mehrere Jahre möglichst unverändert bleiben. Auch darauf ist bereits bei ihrer Auswahl zu achten.

Entsprechend diesen Kriterien wurden von uns vier Stellen für die Probenentnahme und die Untersuchung der Bodenorganismen festgelegt (siehe Karte 1):

1. in dem naturnahen Abschnitt des Gewässers, direkt bei dem Steinbruch im Kuhnenwald,
2. unmittelbar hinter Gresaubach, nahe einem kleinen Feldweg mit einer Brücke,
3. kurz vor Niedersaubach, nachdem der Bach eine größere Strecke durch die Aue mit Wiesen und Weiden zurückgelegt hat,
4. nahe der Mündung des Baches in die Theel.

Im Quellbereich führten wir keine Untersuchungen durch, da er für die Schüler nur sehr mühsam zu erreichen gewesen wäre. Allerdings hatten wir uns auch diesen Abschnitt im Rahmen der orientierenden Exkursion angesehen.

## 4. Die Arbeit an der ersten Untersuchungsstelle

Die meiste Zeit muß für die Untersuchung der ersten Probenentnahmestelle veranschlagt werden. Die Schüler sind zunächst an die konkrete Fragestellung heranzuführen und dann mit Methoden und Hilfsmitteln zur Gewässeruntersuchung vertraut zu machen.

*Wir begannen unsere Untersuchungen mit der Probestelle 1 im Oberlauf, in einem Bereich, wo der Saubach sich noch in einem naturnahen Zustand befindet. Aus der Wahl dieser Probestelle erwachsen dementsprechend die folgenden Fragen.*

### 4.1. Die Problemstellung

- a) Welche Merkmale kennzeichnen einen naturnahen Abschnitt im Oberlauf eines Baches unserer Region?
- b) Welche Werte geben Auskunft über den Zustand des Gewässers in diesem Abschnitt?

*Antworten auf die Frage nach den Kennzeichen des Oberlaufes konnten von den Schülern rasch gefunden werden, denn sie kannten bereits nach der orientierenden Exkursion die einzelnen Abschnitte des Baches. Deshalb konzentrierten wir uns nun stärker auf die Merkmale eines natürlichen oder naturnahen Zustandes. Das Ergebnis der Diskussion sah folgendermaßen aus:*

Merkmale eines natürlichen oder naturnahen Zustandes eines Gewässerabschnittes:

- Das Bachbett darf nicht vom Menschen angelegt oder gar ausgebaut sein, d.h. der Bach muß sich sein Bett und seine Ufer selbst geschaffen haben.
- Der Uferbewuchs muß der natürlichen Vegetation der Umgebung eines Gewässers entsprechen.

*(Diese Frage wurde nicht vertiefend behandelt, da Artenkenntnis und die Kenntnis von Pflanzengemeinschaften bei den Schülern auch nicht im Ansatz vorhanden waren.)*

- Das Wasser darf nicht durch Einleitungen im Bereich der Untersuchungsstelle oder oberhalb davon belastet sein, d.h. es muß eine gute Qualität haben.

#### 4.2. Die Beschreibung der Probestellen

Ein entsprechend ausgearbeitetes "Feldprotokoll" (Abb.4) leistet wertvolle Hilfestellung, diese Merkmale zu finden und die Probestellen zu charakterisieren. Es hat außerdem den Vorteil, daß alle Untersuchungsorte nach dem gleichen Schema beurteilt werden und damit die Angaben besser zu vergleichen sind. Deshalb gehört zu jeder Gewässeruntersuchung eine solche Erfassung und Beschreibung des aktuellen Zustandes der Probenahmestellen.

#### 4.3. Indikatoren für die Wasserqualität

Die Wasserqualität wird mit Hilfe von Indikatoren und Indikatorwerten bestimmt.

Zunächst sollte nach Anzeichen für die Wasserqualität gesucht werden, die ohne spezielle Hilfsmittel nur mit unseren Sinnen erfaßbar sind, wie zum Beispiel:

Protokoll der Gewässeruntersuchung am/an der.....					
Datum:.....	Uhrzeit:.....	Uhr	Bearbeiter: .....		
Lufttemp. ....°C    Wetter:.....					
<b>Beschreibung der Probestellen (I - V):</b>					
<b>Abfluß/Wasserstand:</b> niedrig mittel hoch	I	II	III	IV	V
<b>Strömung:</b> ruhig fließ. mit Turbulenz turbulent	I	II	III	IV	V
<b>Geruch:</b> geruchlos aromatisch süßlich jauchig nach Abwasser faule Eier	I	III	III	IV	V
<b>Ausbauzustand:</b> natürlich naturnah ausgebaut	I	II	III	IV	V
<b>Bachbett besteht aus:</b> Fels Kies Sand Schlamm große Steine kleine Steine Lehm Beton	I	II	III	IV	V
<b>Uferbewuchs:</b> Bäume Sträucher Kräuter nur Gras ohne	I	II	III	IV	V
<b>Steinunterseiten:</b> nicht schwarz teilw. schwarz schwarz	I	II	III	IV	V
<b>Einleitungen oberhalb:</b> häuslich industriell Kläranlage Fischteich	I	II	III	IV	V
<b>Verkrautung (Moose, Wasserpfl.):</b> ohne schwach stark	I	II	III	IV	V
<b>Abwasser"pilz":</b> vorhanden	I	II	III	IV	V

Entwurf: E. Schorr

Abb. 4: Feldprotokoll für die Beschreibung der Probestellen

#### 4.3.1. Farbe, Trübung, Geruch, Menge der absetzbaren Stoffe

Zur Beurteilung der Farbe hält man die Wasserprobe, die in eine saubere farblose Flasche gefüllt ist, gegen einen weißen Hintergrund. Nach dem optischen Eindruck werden Farbton und Farbstärke angegeben, z.B. gelblich, bräunlich-gelb u.ä.; farblos, schwach, stark gefärbt. Die Farbbeurteilung soll vorgenommen werden, nachdem sich eventuell vorhandene Schwebstoffe abgesetzt haben.

Die Trübung wird beurteilt, bevor sich die Probe abgesetzt hat, z. B. klar, schwach getrübt, stark getrübt, undurchsichtig.

Da der menschliche Geruchssinn recht empfindlich ist, können viele Stoffe bereits in sehr geringen Konzentrationen wahrgenommen werden. Die Geruchsprobe wird nach kräftigem Umschütteln in der gleichen Flasche möglichst von mehreren Testpersonen vorgenommen und wie folgt beschrieben:

- nach der Intensität: geruchlos, schwacher, starker Geruch
- nach der Art des Geruchs: z.B. erdig, modrig, faul, jauchig,...

**Absetzbare Stoffe.** Soll auch die Menge der absetzbaren Stoffe ermittelt werden, leistet ein IMHOFF-Trichter gute Dienste. Es handelt sich dabei um ein tütenförmiges graduiertes Glas- oder Kunststoffgefäß. Ein Liter des zu untersuchenden Wassers muß darin 2 Stunden ruhig stehen. In dieser genormten Zeit setzen sich alle absinkbaren Stoffe in der Trichterspitze ab. Ihre Menge kann an der Graduierung abgelesen und die Stoffe können mittels einer Schraubkappe an der Spitze zur weiteren Untersuchung entnommen werden. (Preis ca. 40 DM)

*Es stellte sich heraus, daß das Wasser an dieser Stelle weder gefärbt noch getrübt war und auch keinen auffälligen Geruch besaß.*

*Von den Schülern kam der Einwand, daß sich im Wasser auch Stoffe befinden könnten, die mit unseren Sinnen in dieser Weise nicht erfaßbar sind.*

*Es fielen Begriffe wie "Säure" ("saurer Regen"), "Nitrat" ("Düngemittel"), "Phosphat" ("Waschmittel"), "Gifte" (z. B. von Spritzmitteln), ...*

Die Problematik ließ sich in vier Fragen fassen:

1. Was bedeuten diese Begriffe?
2. Wie kommen diese Stoffe in das Wasser eines Baches?
3. Welche Rolle spielen sie in einem Gewässer?
4. Mit welchen Hilfsmitteln können wir sie nachweisen?

*Für die ersten drei Fragen konnten an Ort und Stelle zunächst nur sehr allgemeine Antworten gefunden werden. Den Schülern wurde dabei aber deutlich, daß es unumgänglich ist, diese Zusammenhänge theoretisch zu untermauern. Um dazu jedoch bereits Anhaltswerte von "unserem Bach" zu besitzen, wurde eine kleine chemische Wasseranalyse durchgeführt. Erstaunlicherweise wurde von den Schülern der Sauerstoffgehalt als wichtiger Wert zunächst nicht erkannt. Erst nach Hinweis auf die Tierwelt des Gewässers erkannten sie seine zentrale Bedeutung und den Zusammenhang von Sauerstofflöslichkeit und Wassertemperatur. Die Rolle des Kalkgehaltes des Wassers wurde im Zusammenhang mit dem Säuregehalt angesprochen.*

Gemessen wurden dementsprechend:

- Temperatur
- Carbonathärte
- pH-Wert
- Sauerstoffgehalt
- Nitrit- Nitratgehalt

#### 4.3.2. Im Wasser gelöste Stoffe (außer Sauerstoff)

**Methode der Probennahme.** Die Proben werden unter der Wasseroberfläche, wenn möglich, aus 20 - 50 cm Wassertiefe entnommen. Vor der eigentlichen Entnahme müssen die Probengefäße mehrmals gründlich mit dem zu untersuchenden Wasser gespült werden. Dann wird das Probengefäß mit der Öffnung nach unten bis in die entsprechende Wassertiefe gebracht und umgedreht. Es soll damit sichergestellt werden, daß auch tatsächlich Wasser aus dieser Tiefe entnommen wird. Proben für die Sauerstoffbestimmung müssen nach einem anderen Verfahren (s.u.) entnommen werden. In der Praxis wird man aber häufig Probenentnahmestellen vorfinden, bei denen die Wassertiefe noch nicht einmal 20 cm erreicht. Auf jeden Fall muß aber auch an solchen Stellen darauf geachtet werden, daß die Probe möglichst luftblasenfrei entnommen und verschlossen wird.

Wenn die weiteren Untersuchungen nicht direkt am Gewässer durchgeführt werden können, sind die Proben an einem dunklen und kühlen Ort (z. B. im Kühlschrank) zu lagern.

#### **Gefäße zum Aufbewahren der Proben.**

SCHWOERBEL (1980) empfiehlt für die Proben Polyethylen-Flaschen, die leichter als Glasflaschen und unzerbrechlich sind. Sie geben vermutlich keine chemischen Substanzen an das Probenwasser ab, absorbieren jedoch Stoffe aus dem Wasser. Dies wird verhindert, wenn die Flaschen eine Woche lang mit einem Gemisch aus einer 5%igen Lösung von Iod in 8%iger Kaliumiodidlösung randvoll gefüllt werden. Während dieser Zeit werden die freien Valenzen des Polyethylens mit Iod abgesättigt. Die Flaschen müssen anschließend gründlich mit destilliertem Wasser gewaschen werden.

Verwendet man gebrauchte Flaschen, ganz gleich ob aus Polyethylen oder Glas, muß in jedem Fall sichergestellt sein, daß sie keine Reste ihres ursprünglichen Inhaltes und auch keine Spülmittelreste mehr enthalten..

#### **Hilfsmittel und Geräte zur Bestimmung.**

Zur qualitativen und quantitativen Bestimmung gelöster Stoffe bietet der Handel Testbestecke an, die es ermöglichen, ohne chemische Vorkenntnisse, einfach und schnell Werte einzelner Wasser-Kenngrößen zu ermitteln. Jedem Testbesteck liegt eine genaue Gebrauchsanweisung bei, sodaß die Schüler selbständig arbeiten können.

**Genauere Hinweise zu ihrer Nutzung und Entscheidungshilfen für die Anschaffung finden sich im Anhang.**

#### **4.3.3. Bestimmung des Sauerstoffgehaltes**

Der Sauerstoffhaushalt eines Gewässers wird bestimmt durch Photosynthese und Eindringen (Diffusion) aus der Atmosphäre einerseits und Verbrauch und Diffusion in die Atmosphäre andererseits. Bei flacheren, schnell fließenden Bächen mit steinigem Untergrund spielt für die Sauerstoffaufnahme die Diffusion die Hauptrolle, bei träge fließenden oder stehenden Gewässern die Photosynthese, zumindest in der wärmeren Jahreszeit.

Flache, schnell fließende Bäche haben, durch die Verwirbelung des Wassers bedingt, in ihrem Wasserkörper einen etwa gleichmäßigen Sauerstoffgehalt. Träge fließende oder stehende Gewässer zeigen je nach Tiefe unterschiedliche Sauerstoffkonzentrationen. Vor allem durch die Photosynthese bedingt, gibt es in ihnen außerdem beträchtliche tages- und jahreszeitliche Schwankungen.

Bei der Probennahme zur Sauerstoffbestimmung müssen diese Verhältnisse und Variablen durch die Entnahme von Proben zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten und in verschiedenen Tiefen berücksichtigt werden.

**Verfahren und Hilfsmittel.** Entscheidend für die Genauigkeit der Einzelwerte ist aber auch die richtige Technik der Probennahme: Werden die Winkler-Fläschchen beim Füllen mit der Öffnung nach oben in das Gewässer getaucht, kann es durch die Verwirbelung, wenn das Wasser in das Fläschchen "schießt", zu einer Sauerstoffaufnahme kommen und das Ergebnis der Messung wird verfälscht. Um dies zu verhindern werden verschiedene Verfahren empfohlen:

**Probennahme aus größerer Tiefe.** Für die Entnahme aus größerer aber auch aus geringer Tiefe eignet sich folgendes "Gerät". Aus Einzelteilen, die im Lehrmittelhandel (oder in der Chemiesammlung) erhältlich sind, ist es leicht zusammenzubauen. Probleme gibt es allerdings, wenn 30 ml -Winkler-Fläschchen benutzt werden, wegen des geringen Durchmessers des Flaschenhalses.

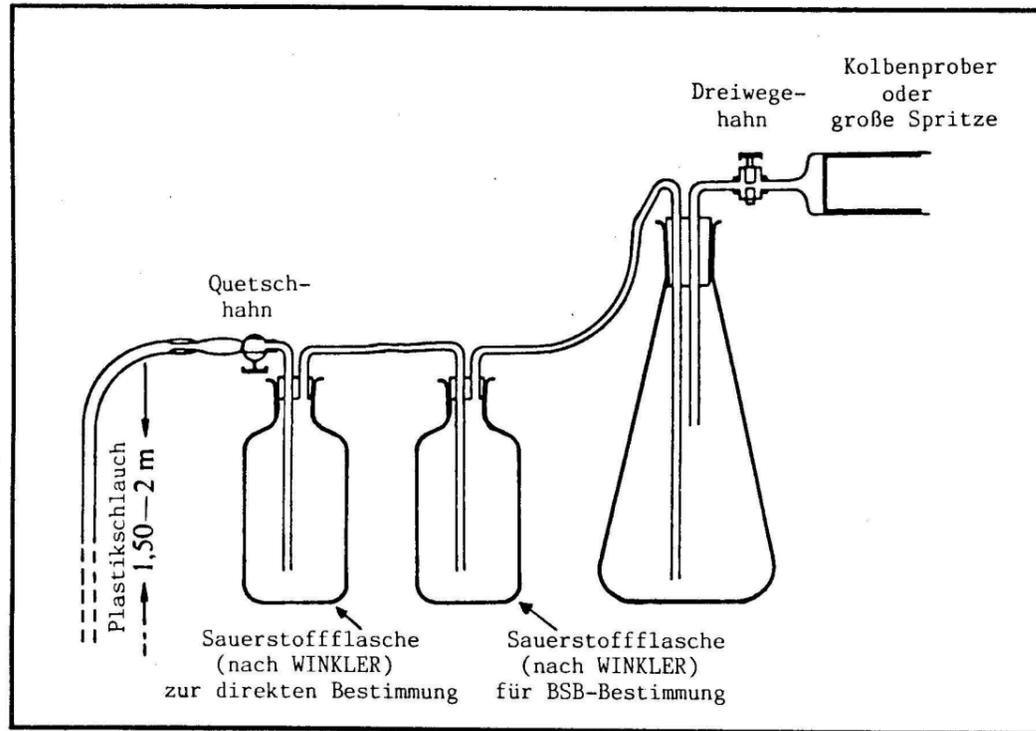


Abb. 5: Wasserprobenentnahmegrät für größere Tiefen (nach Hafner/Philipp 1978)

Das angesaugte Wasser muß die Winkler-Flasche mehrfach durchströmen, damit sie gespült wird und man sicher sein kann, daß kein zusätzlicher Sauerstoff in die Probe gelangt ist. Durch Hintereinanderschließen können zwei (oder mehr) Winkler-Flaschen gleichzeitig mit demselben Probenwasser gefüllt werden (siehe BSB). Diese Konstruktion gewährleistet, daß der recht teure Kolbenprober nicht beschädigt wird. Verwendet man statt seiner eine billigere große Plastikspritze (im Sanitätsfachhandel erhältlich), dann kann man sich den Erlenmeyerkolben sparen.

**Probennahme aus geringer Tiefe.** Für flache Gewässer sehr praktikabel und vor allem weniger aufwendig ist eine andere Methode: Eine große Spritze (oder der Kolbenprober) wird mehrfach mit dem zu prüfenden Wasser luftblasenfrei unter Wasser gespült und entleert. Nun wird die Winkler-Flasche unter Wasser gebracht und gefüllt. Unter der Wasseroberfläche wird dann mit der "Spritze" das Wasser aus dem Probefläschchen gesaugt. Dadurch strömt aus der Umgebung Wasser in das Fläschchen nach. Will man ganz sicher gehen, daß nichts von dem ursprüngli-

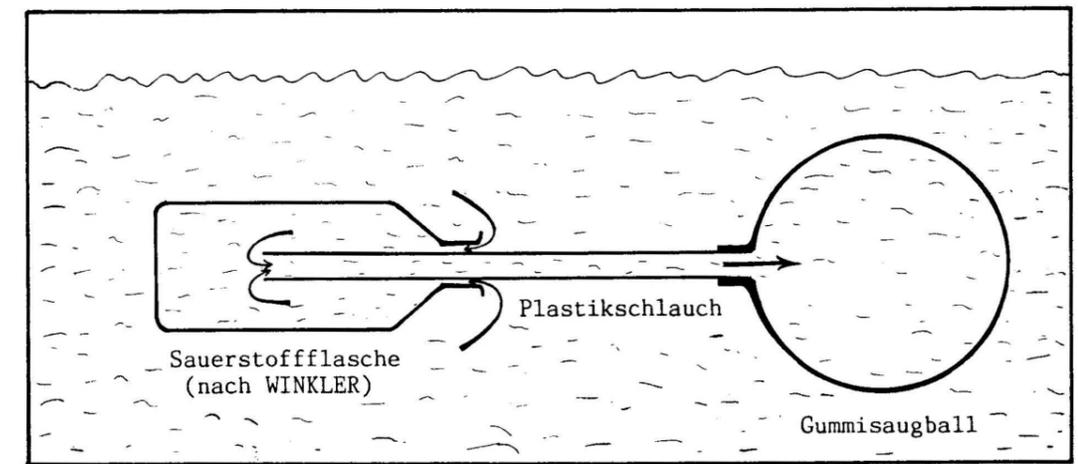


Abb. 6: Vereinfachte Methode zur Entnahme von Wasser für die Sauerstoffbestimmung  
 chen Inhalt in dem Probenfläschchen zurückbleibt, kann man den Kolben der "Spritze" mehrfach hin und herbewegen. Diese Methode läßt sich auch, ohne Probleme bei den kleinen 30 ml-Winkler-Fläschchen einsetzen.

Wer, allein am Gewässer arbeitet und die Proben nimmt, kann mit dieser Methode Schwierigkeiten haben, da zum Füllen und Entleeren die Spritze mit beiden Händen festgehalten werden muß. Nicht selten rutscht dann das Probenfläschchen aus der Hand und verschwindet entweder in der Tiefe oder wird von der Strömung mitgerissen.

Hier bewährt sich statt der Spritze ein Gummissaugball mit einem aufgesetzten kurzen Stück Plastikschlauch. Durch seine Elastizität füllt sich der Ball von selbst und kann deshalb mit einer Hand "bedient" werden. Durch mehrfaches Füllen und Entleeren erzielt man mit ihm ebenfalls genaue Ergebnisse.

#### 4.3.4. Die Bestimmung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs (BSB)

**Methode.** Als Parameter für die Belastung einer Wasserprobe mit organisch abbaubaren Substanzen haben die Werte des Biochemischen Sauerstoffbedarfs nach zwei Tagen (BSB<sub>2</sub>) bzw. fünf Tagen (BSB<sub>5</sub>) eine hohe Aussagekraft bei der Gütebeurteilung. Die Ermittlung dieser Werte ist ein wesentlicher Bestandteil der Gütebestimmung.

### Zur Ermittlung dieser Werte,

- zunächst eine größere Flasche (z.B. 250 ml mit Untersuchungswasser füllen; diese Flasche dann gründlich schütteln, um den Sauerstoffgehalt der Probe zu erhöhen (in der Schule kann auch Luft mit der Aquarienpumpe eingeblasen werden),
- nun zwei Winklerfläschchen (ca. 30 ml) mit diesem Probenwasser luftblasenfrei füllen und in einem der Fläschchen sofort den Sauerstoffgehalt bestimmen (Testbesteck), er soll mindestens 8 mg/l betragen,
- das zweite Fläschchen dunkel (zur Verhinderung von Photosynthese) u. bei 20 °C zwei Tage (zur Bestimmung des BSB<sub>2</sub>) oder fünf Tage (zur Bestimmung des BSB<sub>5</sub>) aufbewahren,
- nach zwei oder fünf Tagen in diesem Fläschchen mit O<sub>2</sub>-Testbesteck den Sauerstoffgehalt messen.

In der Probe enthaltene Mikroorganismen verbrauchen während dieser Zeit durch ihre Lebenstätigkeit Sauerstoff. Bei hoher Belastung des Wassers mit organischen Verbindungen ist der Sauerstoffverbrauch groß, bei weniger hoher Belastung entsprechend geringer. Die Differenz zwischen dem Sauerstoffgehalt des Wassers in den beiden Fläschchen ist also ein Maß für die Belastung mit organisch leicht abbaubaren Stoffen und ergibt den BSB<sub>2</sub> bzw. BSB<sub>5</sub>. Diese "Sauerstoffzehrung" wird in Prozent des Ausgangssauerstoffgehalts angegeben.

Voraussetzung für eine korrekte Ermittlung der Sauerstoffzehrung ist, daß im Probenwasser nach der Zehrungsdauer noch mindestens 2 mg O<sub>2</sub>/l enthalten sind.

### Hilfsmittel:

- O<sub>2</sub>-Testbesteck zur Untersuchung des Sauerstoffgehaltes
- mehrere 30 ml Winklerfläschchen, je nach Anzahl der Probenahmestellen, die gleichzeitig bearbeitet werden sollen. Wird das Probenwasser in anderen Gefäßen bis zur Messung nach zwei oder fünf Tagen aufbewahrt, so kommt es beim Umfüllen in die Winklerflasche des Testbesteckes zur Verfälschung des Ergebnisses durch Sauerstoffeintrag (Verwirbelung).

### 4.3.5. Protokollieren der erhobenen Daten

Die mit Hilfe der beschriebenen Methoden und Hilfsmittel erhobenen Daten werden an Ort und Stelle in ein vorbereitetes Feldprotokoll eingetragen (Abb. 7). In den abgebildeten Beispielen solcher Feldprotokolle können entweder die Werte von fünf Probenentnahmestellen nebeneinander festgehalten werden oder die von fünf aufeinander folgenden Untersuchungen an derselben Stelle.

**Der Vorteil:** Bereits auf dem Protokollblatt hat man einen recht guten Überblick über den Gewässerzustand an verschiedenen Stellen gleichzeitig oder an einer Stelle zu verschiedenen Zeiten.

*Die Frage nach Giften im Wasser und ihrem Nachweis gab den Anlaß, auf die Rolle der Lebewesen als Indikatoren der Wassergüte einzugehen. Ein wesentlicher Unterschied bei der Ermittlung von möglicherweise im Wasser enthaltenen Giften zu den anderen Wasser-Kenngrößen ist der, daß man im letzteren Fall weiß, um welchen Inhaltsstoff es sich handelt. Bei Giften ist das nur selten der Fall, Man weiß also von vorneherein nicht, wonach zu suchen ist. Die Fülle der Möglichkeiten kann sehr groß sein. Eine Bestimmung solcher Stoffe mit den uns zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln ist nicht möglich und selbst für Fachleute schwierig.*

*Wenn jedoch Gifte ins Wasser gelangen, werden dadurch Lebewesen absterben. Tritt diese Belastung dauerhaft auf, dürften keine Organismen im Bach zu finden sein. Dies fanden die Schüler sehr schnell heraus.*

*Ein orientierender Blick in den Bach, vor allem unter Steine, zeigte eine vielfältige Lebewelt. Wir kamen deshalb zu dem Schluß, daß an dieser Stelle keine Vergiftung vorliegen kann.*

*Daraufhin wurde der Begriff "Gift" genauer unter die Lupe genommen. Die Schüler verstanden ihn bis dahin vor allem als "Spritzmittel jeglicher Art". Es wurde deshalb die Frage aufgeworfen, ob nicht auch einige der bisher gemessenen Stoffe bzw. gar die Temperatur die Lebensmöglichkeit von Organismen im Gewässer begrenzen können,*

*Bei der anschließenden Diskussion konzentrierten wir uns auf den Sauerstoffgehalt. Vor allem der Mangel an Sauerstoff und die davon ausgehende Wirkung auf die Organismen war den Schülern aus ihrem Biologieunterricht bekannt. Wir beschlossen daher die Besiedlung dieses Bachabschnittes mit Organismen näher zu untersuchen. Da sporadisches Umdrehen von Steinen und anschließende Beobachtung keine klaren Ergebnisse liefert, wurden die Schüler nun mit einer Methode zum Absammeln von Organismen vertraut gemacht.*

Protokoll der Gewässeruntersuchung am/an der .....

Datum: ..... Uhrzeit: ..... Uhr

Bearbeiter: .....

**Angaben über die Probenahme:**

	I	II	III	IV	V
Entnahmetiefe (cm)					
Uferabstand (cm)					

Aussehen der Probe:

Farbe

	I	II	III	IV	V
farblos					
gelblich					
bräunlich					
schwarzbraun					
schwach gefärbt					
stark gefärbt					

Trübung

	I	II	III	IV	V
klar					
schwach getrübt					
stark getrübt					
undurchsichtig					

**Physikalisch-chemische Untersuchung:**

	I	II	III	IV	V
Wassertemperatur	°C				
O <sub>2</sub> -Sättigung (akt. Temp.)	mg/l				
O <sub>2</sub> -Gehalt	mg/l				
O <sub>2</sub> -Gehalt (bez. Sättigung)	%				
O <sub>2</sub> -Gehalt n. 2 Tagen	mg/l				
O <sub>2</sub> -Gehalt n. 2 Tagen	%				
BSB <sub>2</sub>	mg/l				
pH-Wert					
Gesamthärte	°dH				
Carbonathärte	°dH				
SBV	mmol/l				
Ammonium	mg/l				
Nitrit	mg/l				
Nitrat	mg/l				
Phosphat	mg/l				
Leitfähigkeit (in Mikro-S./cm)	mS/cm				

**Ergebnis der ehem. Untersuchung:**

	I	II	III	IV	V
Gütekategorie (O <sub>2</sub> -Gehalt)					
Chem. Index					
Wassergütekategorie (chem.)					

Entwurf: E. Schorr

Abb. 7: Feldprotokoll für die physikalisch/chemische Untersuchung

**4.3.6. Allgemeine Hinweise, die bei der Durchführung der chemischen Analysen berücksichtigt werden sollten**

**beim Umgang mit den Testbestecken:**

- In den Reagenziensätzen sind z.T. stark ätzende bzw. giftige Chemikalien enthalten. Schüler müssen unbedingt darauf aufmerksam gemacht werden.
- Aus Sicherheitsgründen sollte bei der Durchführung der Analysen weder geraucht noch gegessen werden.
- Hautkontakte mit den Chemikalien sollten vermieden und die Hände nach jeder Analysenreihe gründlich mit Wasser abgespült werden.
- Eine Verwechslung der Schraubverschlüsse der Reagenzien muß unbedingt vermieden werden.
- Nach Abschluß jeder Analyse sind die mit Chemikalien versetzten Proben in einer Weithalskunststoffflasche zu sammeln und ordnungsgemäß zu entsorgen.
- Um spätere Analysen nicht zu beeinflussen, werden die benutzten Küvetten der Testbestecke gut durchgespült. Nach Abschluß der Untersuchungen müssen alle Reagenzienflaschen auf festen Verschuß überprüft werden.
- Das Kompaktlabor bzw. die Einzeltestbestecke werden zum Schluß gereinigt, trockengewischt und auf Vollständigkeit(!) überprüft.

**zum Erzielen gesicherter Werte:**

- Vor Beginn der Analysen sollten die Herstellerangaben der Testbestecke genau durchgelesen werden.
- Das Eintropfen der Reagenzien in das Probenwasser muß langsam erfolgen, damit die Tropfen eine ausreichende Größe haben. Nach jedem Eintropfen muß auf eine gründliche Durchmischung geachtet werden.
- Bei der visuellen Kolorimetrie sind die Farbvergleiche auf das helle Tageslicht abgestimmt; Dämmerlicht verfälscht. Die Zeiten des Ablesens sind genau einzuhalten, da die Färbungen zeitabhängig sind.

**Achtung:**

**Warnhinweise auf den Chemikalien beachten!**

**Untersuchte Wasserprobe in die Sammelflasche geben!**

#### 4.3.7. Die Ermittlung biologischer Daten

**Bedeutung biologischer Daten.** Die Umsetzung der bei einer chemischen Analyse erhaltenen Werte in Diagramme (s.u.) ergibt zwar ein übersichtliches Bild, täuscht aber im Grunde genommen mehr vor, als sie in Wirklichkeit hergibt. Die chemische Analyse, so wie sie i.d.R. vorgenommen wird, also mit einer, allenfalls zwei Messungen, ist nichts anderes als eine "Momentaufnahme". Gemessen werden Inhaltsstoffe der gerade gezogenen Wasserprobe. Was vorher oder nachher den Bach hinunterfließt, wird bei dieser "Momentaufnahme" nicht erfaßt. Die biologische Gütebestimmung jedoch, trotz ihrer Fehlermöglichkeiten, besitzt den Charakter einer Langzeitbestimmung, da die Organismen, die man zur Bestimmung der Gewässergüte heranzieht, über lange Zeit, d.h. über Wochen, Monate oder Jahre in diesem Wasser leben.

Mit Hilfe der biologischen Analyse läßt sich also meist schon mit einer einzigen Untersuchung ein Durchschnittswert ermitteln. Sie läßt den Nachweis des Vorhandenseins schädlicher Einflüsse und Stoffe im Wasser zu, i.d.R. jedoch nicht deren Art. Sie liefert außerdem keine genauen Zahlenwerte über Konzentrationsverhältnisse. Dazu ist nur die chemische Analyse in der Lage.

**Das Saprobien-system.** Saprobien sind Organismen, die von biologisch abbaubaren (fäulnisfähigen) Stoffen leben. Bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts wurden erstmals von KOLKWITZ und MARSON (1908, 1909) solche Organismen zur Aufstellung eines Systems verwandt, das sich zur Charakterisierung von Gewässerbelastungen eignete. Bis auf wenige Änderungen gilt es noch bis heute.

Da beim biologischen Abbau von organischen Verbindungen in einem Gewässer Sauerstoff verbraucht wird, besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Höhe der organischen Belastung, dem Vorkommen bestimmter Tier- und Bakterienarten und dem Sauerstoffgehalt.

Auf empirischem Wege wurde die Bindung von Tierarten an verschieden stark verunreinigte Fluß- und Bachabschnitte ermittelt. Die Arten, die eine sehr enge

Bindung an bestimmte Werte zeigten, wurden sodann als Zeigerarten oder Bioindikatoren für diese Werte mit einer entsprechenden Indikatorzahl (Saprobienindex) versehen. In den letzten Jahren wurde auch durch physiologische Untersuchung bei einigen Arten (z.B. Tubifex, Sphaerotilus natans, Gammarus pulex,...) der Nachweis erbracht, daß sie entsprechenden Zeigerwert besitzen ('echte' Bioindikatoren). Das Saprobien-system ist damit eine Zusammenstellung von Zeigerarten in Abhängigkeit vom Belastungsgrad des Gewässers mit biologisch abbaubaren Stoffen (Barndt, 1986/87).

Während der Begriff der "Bioindikatoren" wesentlich weiter gefaßt ist, bezieht sich der Begriff "Saprobien" nur auf spezielle Leitorganismen in Gewässern.

Als Indikatoren eignen sich nur solche Arten, die eine möglichst geringe Reaktionsbreite gegenüber einem Umweltfaktor zeigen. Als positive Indikatoren werden sie bezeichnet, wenn sie durch ihr Vorkommen bestimmte Umweltverhältnisse anzeigen, als negative Indikatoren bezeichnet man sie dann, wenn ihr Verschwinden (bei vorher nachgewiesener Anwesenheit) Umweltveränderungen belegt. Damit spielen sie eine wichtige Rolle als beweiskräftiges Mittel bei der Gewässerüberwachung. Die über längere Zeit ablaufende Reaktion des biologischen Systems, d.h. seine Trägheit beim Regeln von Störungen, ermöglicht es, noch längere Zeit nach einem "Störfall" (z.B. Abwasserschub, Gifteinleitung) den Ort der Einleitung zu ermitteln, vorausgesetzt, der "normale Zustand" des Gewässers ist bekannt.

1976 wurden von der 'Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)' einheitliche Maßstäbe zur Beurteilung der Gewässergüte festgelegt. Nach ihren Richtlinien (LAWA 1985) verwendet man heute vier Güteklassen (I, II, III, IV) und drei Zwischenklassen (I-II, II-III, III-IV). In den 'Gewässergütekarten' werden diesen Klassen und Zwischenklassen bestimmte Farben zugeordnet (siehe folgende Tabelle und Anhang Kap. 2).

organische Belastung	Güteklasse	Saprobienstufe	Kennzeichnung	Leitorganismen (Auswahl)
	Farbgebung nach LAWA	Saprobienindex		
unbelastet bis sehr gering belastet	I	oligosaprob	Wasser kaum verunreinigt; vollendete Oxidation, Mineralisation; Wasser klar und O <sub>2</sub> -reich	Bakterien: < 100 pro ml Wasser. Blaualgen, Kieselalgen ( <i>Asterionella formosa</i> ), Grünalgen, Rotalgen; Rädertiere; Strudelwürmer ( <i>Crenobia alpina</i> ); Flußperlmuschel <i>Margaritifera margaritifera</i> ; Wasserfloh ( <i>Holopedium gibberum</i> ); Insektenlarven ( <i>Perla bipunctata</i> ); stark O <sub>2</sub> -bedürftige Fische: Forellen
	blau	1,0 - < 1,5		
gering belastet	I - II	oligosaprob bis $\beta$ -mesosaprob		
	grün/blau	1,5 - < 1,8		
mäßig belastet	II	$\beta$ -mesosaprob	Wasser mäßig verunreinigt; Prozess der fortschreitenden Oxidation bzw. Mineralisation; O <sub>2</sub> -Zehrung gering	Bakterien: weit unter 1 000000 pro ml Wasser. Blaualgen, Kieselalgen, Grünalgen ( <i>Synura uvella</i> ), Protozoen; Muscheln ( <i>Ancylus fluviatilis</i> ); Insektenlarven ( <i>Cloeon dipterum</i> , <i>Hydropsyche lepida</i> ); Fische in großer Artenvielfalt
	grün	1,8 - < 2,3		
kritisch belastet	II-III	$\beta$ -mesosaprob bis $\alpha$ -mesosaprob		
	gelb/grün	2,3 - < 2,7		
stark verschmutzt	III	$\alpha$ -mesosaprob	Wasser stark verunreinigt; starke Oxidationsprozesse; Vorherrschen von bei Abbau entstehenden Aminosäuren; O <sub>2</sub> -Gehalt höher (vor allem bei Tage), nachts Abnahme	Bakterien: weniger als 1 000000 pro ml Wasser. Blaualgen ( <i>Oscillatoria</i> spp.), Kieselalgen, Grünalgen, Pilze; Protozoen ( <i>Paramecium caudatum</i> , <i>Spirostoma ambiguum</i> ); Hundeegel <i>Herpobdella atomaria</i> ; Kugelmuschel <i>Sphaerium corneum</i> , Waffenfiegenlarve <i>Stratiomys chamaeleon</i> ; Schleie, Karpfen, Aal
	gelb	2,7 - < 3,2		
sehr stark verschmutzt	III - IV	$\alpha$ -mesosaprob bis polysaprob		
	rot/gelb	3,2 - < 3,5		
übermäßig stark verschmutzt	IV rot	polysaprob	Wasser außerordentlich stark verunreinigt; starke O <sub>2</sub> -Zehrung; vorwiegendes Auftreten von Fäulnisprozessen durch Reduktion und Spaltung; Bildung von H <sub>2</sub> S; hoher Gehalt an organischen Stoffen; reiche Sedimentation	Bakterien: weit über 1 000000 pro ml Wasser, darunter Kokken und Schwefelbakterien. Abwasserpilz <i>Sphaerotilus natans</i> ; Blaualgen ( <i>Beggiatoa alba</i> ); Protozoen ( <i>Amoeba limax</i> , <i>Euglena viridis</i> ; darunter viele Ciliaten), Bachröhrenwurm ( <i>Tubifex</i> ), Zuckmückenlarven ( <i>Chironomus thummi</i> ); Schlammfliegenlarve <i>Eristalis tenax</i> ; kleine Fische
		3,5 - 4,0		

Tab. Gütegliederung von Fließgewässern (nach Barndt, Bohn 1986/87)

### Hilfsmittel zum Absammeln und Bestimmen der Indikatororganismen

- ein engmaschiges Metallsieb (Küchensieb) von ca. 15-20 cm Durchmesser
- 1L Tiefkühlklarsichtbox oder größeres Glas (z.B. Gürkenglas) - Lupe (z.B. 10 x Einschlaglupe)
- Tuschepinsel
- Federstahlpinzetten oder Sieblöffel (Natriumlöffel) - flache weiße Deckel oder Petrischalen
- weiße Präparierschalen oder weiße Plastikcampingteller
- Thermosflasche (zur Mitnahme von Wasserproben mit lebenden Organismen)
- Tücher (zum Abtrocknen der Geräte)
- Bestimmungsbücher und -tabellen (die Tabellen zum Schutz vor Feuchtigkeit in Klarsichtfolie einschweißen) - Protokollbögen, Bleistift

Die Geräte, bis auf die Federstahlpinzetten, kann man im Haushaltswarenhandel erwerben. In einem Kunststoffcontainer 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.

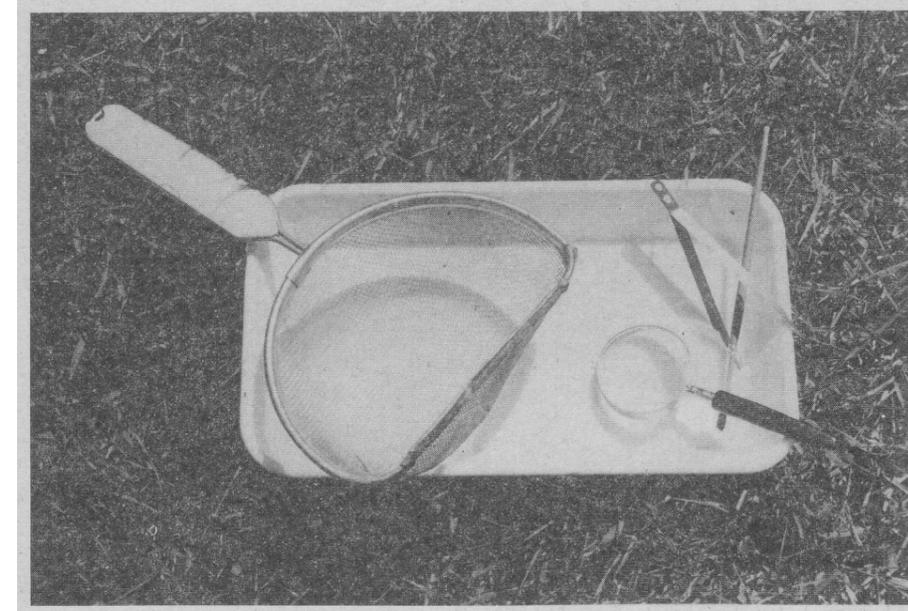


Abb.8: Geräte zum Absammeln von Indikatororganismen



Abb.9: Kunststoffcontainer mit Platz für alle notwendigen Geräte und Testbestecke, Zwischenboden und Deckel können im Gelände als Tische verwendet werden.

**Die Probennahme.** Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, sollte für das Absammeln einer Probestelle immer die gleiche Zeit aufgewandt werden, z.B. 20 Minuten. In der Regel kommen an jeder Stelle im Bach nebeneinander verschiedene Substrate vor, z.B. Steine, sandiges oder schlammiges Sediment, Wasserpflanzen. Um die Indikatororganismen an einer Stelle des Gewässers möglichst vollzählig zu erfassen, müssen alle dort vorkommenden Substrate entsprechend ihrem Anteil abgesammelt werden.

**Ein Beispiel soll dies verdeutlichen:**

An einer Stelle eines Baches nehmen handgroße Steine, Wasserpflanzen und schlammiges Sediment jeweils etwa ein Drittel der Fläche des Gewässerbodens ein.

Dann sieht der Sammelvorgang etwa folgendermaßen aus:

- 10 handgroße Steine aus dem Bachbett entnehmen und die anhaftenden Organismen mit Wasser in eine Schale abspülen oder mit einem Pinsel vorsichtig in die Präparierschale abstreifen.
- 5 mal mit dem Sieb durch vorhandene Wasserpflanzen oder durch eingeschwemmtes Laub streichen und
- 5 mal Bodengrund und Schlamm aussieben.

Sind keine Steine vorhanden, sucht man andere größere Gegenstände, z.B. Holzstücke nach Organismen ab oder es werden 5 "Siebzüge" im Sediment mehr gemacht.

Sind fast nur Steine vorhanden, werden entsprechend mehr Steine abgesammelt.

Es muß möglichst das ganze Querprofil des Bachbettes erfaßt werden, damit man für die jeweilige Probestelle ein repräsentatives Sammelergebnis erhält.

Damit man beim Absammeln der Organismen, vor allem von Steinen, beide Hände frei hat und einem trotzdem beim Abheben der Steine keine Tiere weggespült werden, hat es sich bewährt, das Metallsieb an der dem Stiel gegenüberliegenden Rundung flachzuklopfen. Es läßt sich dann mit breiter Fläche auf den



Abb. 10: Absammeln von Indikatororganismen mit einem Küchensieb

Gewässerboden aufstellen. Auch beim Aufwühlen des Sediments - eine andere Möglichkeit, Organismen aus dem Sediment zu sammeln - hat man damit eine breitere Auffangfläche als bei einem runden Sieb.

Die im Sieb gefangenen Tiere spült man mit einem Guß Wasser in die Präparierschale. Ganz hatnäckige werden mit dem Pinsel abgestreift oder mit einer Federstahlpinzette erfaßt. Andere Pinzetten zu verwenden ist nicht zweckmäßig, da die zarten Organismen damit verletzt oder gar zerquetscht werden.

**Bestimmen der Organismen.** Zur nun folgenden Bestimmung der Organismen wird zunächst das Sammelergebnis durchgemustert und von jeder Art wenigstens ein Exemplar in ein kleineres Schälchen gebracht, um sie mit der Lupe näher untersuchen zu können. Vor allem bei den Insektenlarven ist eine Bestimmung bis zur Art in vielen Fällen nur Spezialisten möglich. Mit Hilfe spezieller Bestimmungsschlüssel (siehe Anhang) und Bestimmungsbücher können trotzdem verlässliche Werte gewonnen werden. Der Bestimmungsschlüssel im Anhang und die dazugehörigen Protokollblätter wurden entwickelt auf der Basis der "Liste der Indikatoror-

ganismen für die makroskopisch-biologische Wassergütebeurteilung" von D. MEYER, 1987, S. 39. Beide sind in der Wahl der Indikatororganismen und in der Reihenfolge aufeinander abgestimmt. Es wurden nur solche Arten bzw. Gattungen und Familien aufgenommen, deren Indikatorwert weitestgehend gesichert ist.

Der Protokollbogen ermöglicht, wie alle übrigen auch, eine Erfassung der Werte von fünf verschiedenen Probenentnahmestellen oder von fünf Proben an der gleichen Stelle. Der Vorteil: ein besserer Überblick bereits im Feldprotokoll.

**Auszählen der Indikatororganismen.** An Ort und Stelle werden die Tiere bestimmt und ausgezählt oder ihre Anzahl wird geschätzt. Das Auszählen liefert natürlich die zuverlässigsten Ergebnisse. Befinden sich jedoch in einer Probe von einigen Arten (z. B. Bachflohkrebse) besonders viele Individuen, ist ein genaues Auszählen der Tiere im quicklebendigen Zustand enorm zeitaufwendig. In solchen Fällen kann man sich damit behelfen, die Häufigkeit zu schätzen. Dabei hat sich eine 7-Stufen-Skala bewährt (siehe Protokollbogen im Anhang) Ihre Anwendung ist zunächst etwas gewöhnungsbedürftig. Sie läßt sich dadurch einüben, daß man zuerst schätzen und anschließend zum Vergleich dieselbe Probe auszählen läßt. Dies nimmt selbstverständlich Zeit in Anspruch. Nach einigen Wiederholungen sind dann aber auch die Schätzwerte ausreichend genau. Es gibt jedoch immer wieder Differenzen zwischen den von verschiedenen Personen geschätzten Werten, da die Vorstellungen über Häufigkeitsgrade durchaus unterschiedlich sind. Um diesen Fehler auszuschließen, muß dann, wenn eine Probestelle von mehreren Personen gleichzeitig bearbeitet wird, entweder eine einzige von ihnen die Häufigkeitsschätzung allein vornehmen oder sie müssen sich auf ein gemeinsames Ergebnis einigen. Dies gilt auch und vor allem dann, wenn mehrere Probenentnahmestellen untersucht und die Ergebnisse verglichen werden sollen. Am zweckmäßigsten sollte dann die Schätzung immer von ein und derselben Person vorgenommen werden.

**Protokoll.** Die auf diese Art und Weise ermittelten Werte werden in vorbereitete Protokollblätter (siehe Anhang) eingetragen, auf denen sich auch die Gewässergüte nach dem Saprobienindex errechnen läßt.

*Die Schüler waren überrascht von der Fülle von Lebewesen, die sie mit dieser Methode aus dem Bach absammeln konnten. In den weißen Schalen wimmelte es nur so von Tieren, die, außer den Bachflohkrebsen, ihnen alle unbekannt waren. Mit Hilfe von Bestimmungsbüchern und einem neu erstellten Bestimmungsschlüssel (siehe Anhang) verschafften sie sich eine grobe Übersicht zumindest über die vorhandenen Gattungen.*

*Um die Organismen jedoch näher untersuchen und bestimmen zu können, übertrugen wir von jeder vorkommenden Gattung einige Exemplare in vorbereitete Sammelgläser mit Fixierlösungen.*

## 5. Theoretische Untermauerung der Gewässergütebestimmung

Spätestens zu diesem Zeitpunkt müssen nun die theoretischen Grundlagen geschaffen werden, damit die Schüler die Meßwerte richtig einordnen und ihre Bedeutung für Aussagen über die Güte des Gewässers abschätzen können. Dies muß natürlich auf einem dem Alter der Schüler entsprechenden Niveau erfolgen.

*In unserem Fall spielte in diesem theoretischen Teil der Begriff "Selbstreinigungskraft des Gewässers" eine zentrale Rolle. In diesem Zusammenhang wurde auch die Kenngröße "Biochemischer Sauerstoffbedarf in zwei Tagen" ("BSB<sub>2</sub>"; und ihre Bedeutung erläutert. Mit dieser relativ leicht zu bestimmenden Größe stand uns ein aussagekräftiger Wert über die Belastung mit organisch abbaubaren Stoffen zur Verfügung.*

*Auch bei den Bestimmungsübungen wurde das Hauptaugenmerk auf den Sauerstoffbedarf und den daraus ableitbaren Aussagewert der Organismen für die Gewässergüte gelegt.*

## 6. Die weiteren Untersuchungsstellen

Nach dieser gründlichen Bearbeitung der ersten Untersuchungsstelle und der ausführlichen Einweisung in Theorie und Praxis der Gewässergütebestimmung folgt nun die Untersuchung der weiteren Probenentnahmestellen, jeweils eine pro Nachmittag. Es sollte dabei besonders darauf geachtet werden; daß die Schüler und Schülerinnen sich bei den Arbeiten abwechseln, sodaß sie alle Arten von Analysen mindestens einmal selbst gemacht haben.

*Bei unserer Arbeit zeigte sich, daß die physikalischen und chemischen Untersuchungen zunehmend routinierter abliefen. Die meiste Zeit kostete die biologische Analyse, da an jeder neuen Stelle das Artenspektrum wechselte.*

*Auf diese Art und Weise hatten wir uns im Verlauf von etwa drei Monaten, d.h. in der Zeit von den Oster- bis zu den Sommerferien, einen guten Überblick über den Zustand des Baches an den einzelnen Probennahmestellen verschafft. Außerdem waren die Schüler nun in der Lage, in relativ kurzer Zeit eine Analyse (in unserem beschränkter Rahmen) durchzuführen.*

## 7. Die Gesamtanalyse

Zwischen diesen Einzeluntersuchungen ändern sich die Bedingungen im und am Gewässer i.d.R. recht deutlich, vor allem dann, wenn sie sich über einen längeren Zeitraum hin erstrecken. In ihren Ergebnissen sind sie nicht mehr ohne weiteres vergleichbar. Deshalb ist es sinnvoll, an einem Nachmittag, nacheinander an allen Probennahmestellen, eine "Gesamtanalyse" durchzuführen.

*An einem Nachmittag wurden in der Zeit von 13:00 bis 16:00 Uhr die Proben gezogen. Bis alles gemessen und ausgewertet war, vergingen etwa vier Stunden. Die Ergebnisse der BSB<sub>2</sub>-Bestimmung lagen nach zwei Tagen vor.*

Bei der Gesamtanalyse sollte die Arbeit etwas anders verteilt werden als vorher. Vor allem durch Unterschiede beim Absammeln der Organismen zur biologischen Gütebestimmung kommt es zwischen verschiedenen Personen, die die Proben nehmen, zu kaum vermeidbaren Abweichungen im Ergebnis. Dies kann sich noch steigern, wenn die Proben an verschiedenen Stellen des Gewässers mit stark unterschiedlichen Bedingungen genommen werden. Um diese Fehlermöglichkeiten also nicht noch zu vergrößern, führt bei der Gesamtanalyse jeder Schüler an jeder Stelle immer die gleiche Tätigkeit durch.

## B. Bearbeitung und Auswertung der Analyseergebnisse

Die gewonnenen Werte werden an Ort und Stelle in Protokollbögen (siehe Abb. 4 u. 7) festgehalten. In Diagramme umgeschrieben (Beispiel: Abb. 11), lassen sich Veränderungen von Abschnitt zu Abschnitt wesentlich besser erkennen, da die Tabellenform nicht sehr anschaulich ist. Für Schüler ist dies eine wesentliche Übung, selbst gemessene Werte so darzustellen, daß daraus klar und anschaulich Schlüsse gezogen werden können. In der gängigen Unterrichtspraxis wird i.d.R. der umgekehrte Weg eingeschlagen, nämlich die Auswertung vorgegebener Diagramme.

Blankovordrucke der Diagramme (siehe Anhang) im DIN A4- oder besser noch im DIN A3-Format erleichtern auch dabei die Arbeit. Im DIN A3-Format gezeichnete Diagramme ergeben bei anschließender Verkleinerung mit Hilfe eines Fotokopierers druckreife Vorlagen.

Nähere Hinweise zur Auswertung der Analysen und Bewertung der Gewässergüte befinden sich im Anhang!

Aus diesen Daten läßt sich nun eine Gewässergütekarte erstellen (Bsp.: Karte 4: Gewässergütekarte des Saubaches). Dabei bietet sich die Gelegenheit ausführlich über die Aussagekraft dieser Karte zu diskutieren. Gemessen wird nur an wenigen Stellen (im Beispiel an vier Stellen). Die dazwischenliegenden Abschnitte sind bekannt durch die orientierende Exkursion. Schüler erkennen sofort, daß eine Angabe der Güte zwischen den Meßstellen nur eine grobe Schätzung sein kann. Um eine ganz hieb- und stichfeste Gütekarte zu erstellen, wäre es also notwendig, selbst an einem kleinen Fließgewässer wie dem Saubach die Anzahl der Meßstellen zu vergrößern.

Auch die Aussagekraft der chemischen und der biologischen Analyse läßt sich in diesem Zusammenhang ausführlich diskutieren. Die Umsetzung der bei der chemischen Analyse erhaltenen Werte in Kurven ergibt zwar ein übersichtliches Bild, täuscht aber im Grunde genommen mehr vor, als sie in Wirklichkeit hergibt.

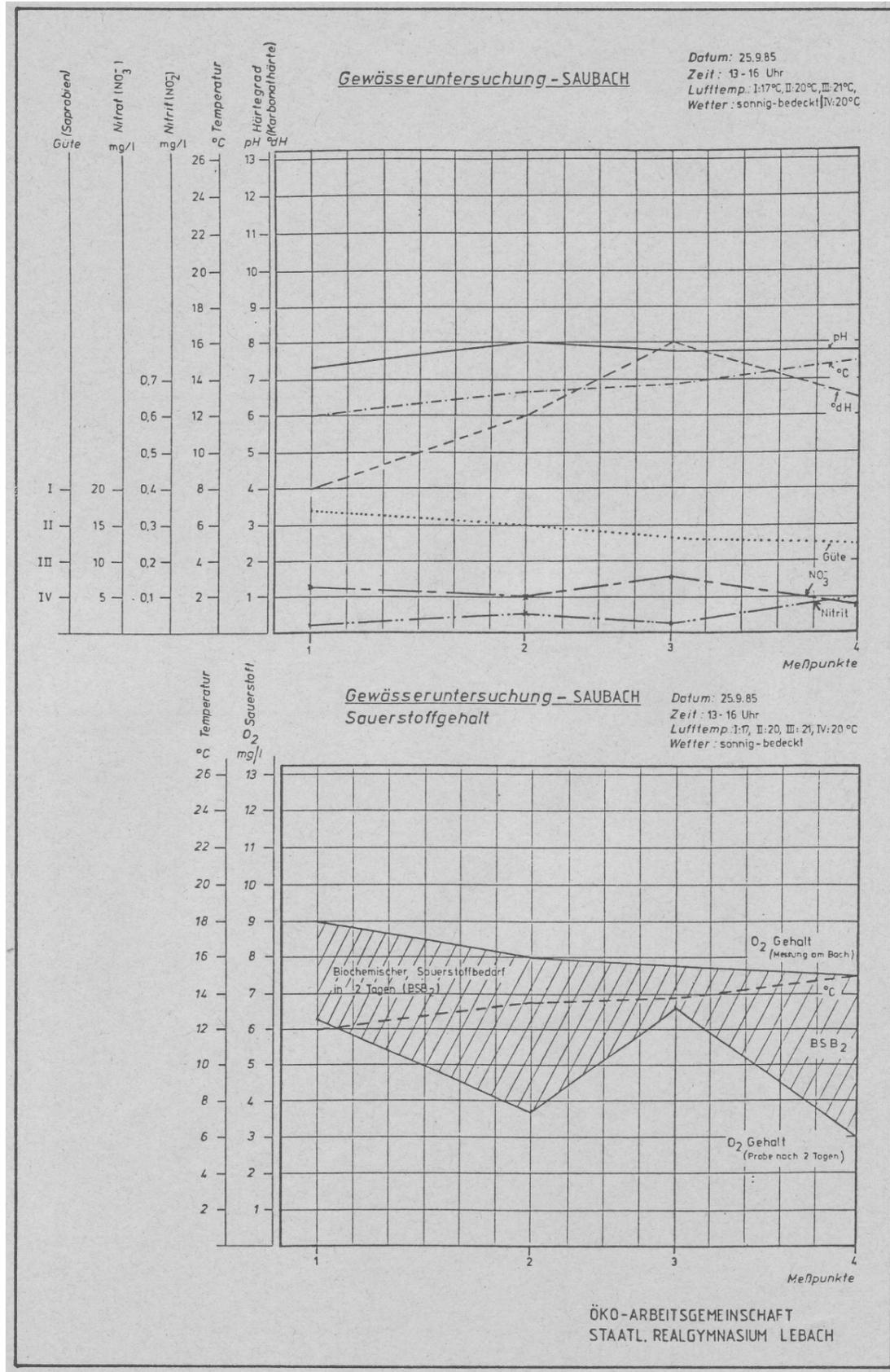
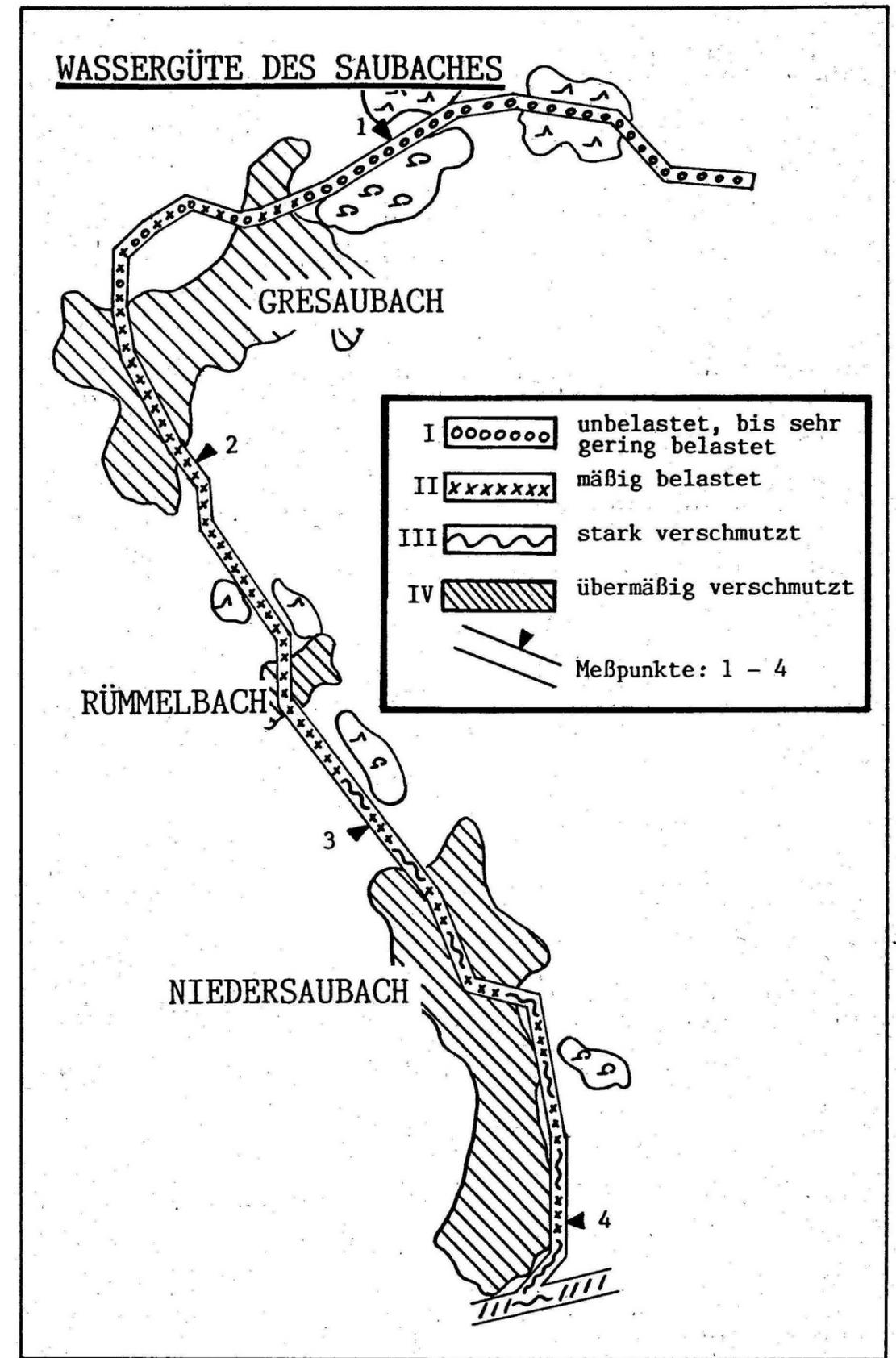


Abb. 11: Darstellung der Meßergebnisse in Diagrammform



Karte 4: Wassergüte des Saubaches

Die chemische Analyse, so wie sie in unserem Beispiel vorgenommen wurde - also mit einer, allenfalls zwei Messungen - ist nichts anderes als eine "Momentaufnahme". Gemessen werden Inhaltsstoffe der gerade gezogenen Wasserprobe. Was vorher oder nachher den Bach hinunterfließt, wird bei dieser "Momentaufnahme" nicht erfaßt. Die biologische Gütebestimmung jedoch, trotz ihrer Fehlermöglichkeiten, besitzt den Charakter einer Langzeitbestimmung, da die Organismen über lange Zeit, d.h. über Wochen, Monate oder Jahre, in diesem Wasser leben. Diese Problematik der Aussagekraft der Meßergebnisse, an der ersten Untersuchungsstelle schon einmal angesprochen, sollte hier wieder aufgegriffen und vertieft werden.

## 9. Veröffentlichung der Arbeit

*Mit dieser Auswertung war im Grunde genommen das ursprünglich gesteckte Ziel erreicht. Die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft waren jedoch der Ansicht, daß mit Sicherheit auch andere Mitschüler an dieser Thematik interessiert seien, ähnlich wie dies bereits bei einem anderen von uns bearbeiteten Thema der Fall war. Es wurde also beschlossen, in einer Ausstellung die Arbeit der Schulöffentlichkeit vorzustellen.*

*Sofort tauchte die Frage auf:*

*Wie können wir das, was wir uns erarbeiteten, in einer Ausstellung anderen vermitteln?*

*Lediglich die Ergebnisse in Form der Diagramme und der Karte vorzustellen, erschien allen zu mager und für 'Uneingeweihte' nicht aussagekräftig genug. In der Diskussion kristallisierte sich heraus, daß unbedingt auch die Güteklassen mit einzelnen typischen Organismen dargestellt werden mußten. Außerdem sollten sich die Betrachter auch eine Vorstellung von dem Bach, zumindest aber von der jeweiligen Untersuchungsstelle machen können.*

*Erfahrungen mit der Gestaltung von Informationstafeln hatten wir bereits bei einer vorherigen Ausstellung gesammelt. Zum Beispiel hatten wir beobachtet, daß vor allem Bilder dazu reizen, sich eine Ausstellung anzusehen, daß andererseits längere Texte kaum gelesen werden.*

*In Zusammenarbeit mit der Foto-Arbeitsgemeinschaft unserer Schule wurden daraufhin die einzelnen Untersuchungsstellen fotografiert, Makroaufnahmen von einigen unserer Indikatororganismen angefertigt und davon großformatige Bilder hergestellt.*

*Mit Hilfe eines Fotokopierers wurden Skizzen verschiedener Indikatororganismen sowie kurze Texte in ein gut sicht- und lesbares Format vergrößert. Mit diesem Material wurden fünf Schautafeln in der Größe 1,25 m x 1 m gefüllt. (siehe Abb. 12 - 17).*

*Der große Anklang, den die Ausstellung in unserer Schulöffentlichkeit fand, ermutigte uns, einen Pressebericht zu schreiben. Das Foto dazu lieferte wieder unsere Foto-AG, (siehe Abb. 18).*

*Durch den Pressebericht erfuhr die Stadtverwaltung in Lebach von unserer Arbeit und bat uns, die Ausstellung für zwei Wochen im Foyer des Rathauses auszustellen, um sie interessierten Bürgern zugänglich zu machen.*

*Vom Foyer des Rathauses wanderte die Ausstellung nach 14 Tagen in das Foyer der uns benachbarten Realschule. Schließlich wurde sie dann auch noch von der Jungen Union Schmelz angefordert, die sie anlässlich einer Aktionswoche der Öffentlichkeit unseres Nachbarortes vorstellte.*

## 10. Bewertung

*Aus pädagogischer Sicht war die Arbeit erfolgreich. Die Schülerinnen und Schüler hatten sichtlich Spaß daran, außerhalb der Schulräume selbst Untersuchungen durchführen zu können. Der Bach, so stellte sich heraus, war für keines der Mitglieder der Arbeitsgruppe mehr ein Erfahrungsraum, obwohl sie alle aus kleineren Dörfern unseres Raumes kommen. Sie durften als Kinder nicht mehr am Bach spielen, weil ihre Eltern fürchteten, sie könnten sich in dem schmutzigen Wasser Krankheiten holen. Im Wasser zu waten und die vielfältige Lebewelt zu untersuchen war deshalb für sie ein besonderes Erlebnis. Gleichzeitig lernten sie dabei wesentliche ökologische Aspekte ihres eigenen Lebensraumes kennen und bewerten, ihr Blick wurde geschärft für die vielen kleinen und großen Veränderungen und Belastungen eines Ökosystems: der Bach als "Indikator für Umweltbelastungen". Sie werden in Zukunft ihre natürliche Umwelt mit mehr Verständnis betrachten und Ihre Bereitschaft und Fähigkeit, auf Mißstände hinzuweisen, dürfte wohl gewachsen sein.*

*Die Untersuchungen selbst, vor allem aber die anschließende Auswertung der Ergebnisse und die Darstellung der Arbeit in einer Ausstellung stellten die Schülerinnen und Schüler immer wieder vor neue Aufgaben, ihre Sicherheit, selbständig Lösungsmöglichkeiten für neue und ungewohnte Fragestellungen zu finden, wuchs zusehends. Auch das Interesse, das die Öffentlichkeit außerhalb der Schule ihrer Arbeit entgegen brachte, war für sie eine neue und motivierende Erfahrung.*

Zwei Schülerinnen unserer Arbeitsgruppe beteiligten sich kurze Zeit später an dem Wettbewerb "Umwelt hat Geschichte" und erreichten einen respektablen fünften Platz.

Natürlich stellt sich auch die Frage: Was hat die ganze Aktion dem Objekt unserer Untersuchungen, dem Saubach bzw. unmittelbar dem Naturschutz gebracht?

Folgerichtig hätten sich an diese Untersuchungen konkrete Renaturierungsmaßnahmen anschließen müssen. Darüber wurde auch in der Arbeitsgruppe diskutiert. Wir sahen uns jedoch in der bestehenden Zusammensetzung der Arbeitsgemeinschaft zeitlich und personell nicht in der Lage, diese umfangreiche und langfristig anzusetzende Aufgabe anzugehen.

Eine lokale Gruppe des BUND erfuhr jedoch von unseren Untersuchungen und hat mit uns Kontakt aufgenommen. Sie ist dabei, im Rahmen einer Bachpatenschaft ein Renaturierungsprogramm für den Saubach zu erstellen. Eine Zusammenarbeit mit dieser außerschulischen Initiative böte für uns die Möglichkeit, durch kurzfristig und begrenzt einzusetzende Gruppen auch diesen sehr wichtigen Aspekt der Umwelterziehung zu realisieren.

Nicht zuletzt ziehen auch die Lehrer aus dieser Arbeit einen Nutzen. Sie erleben ihre Schülerinnen und Schüler in anderer Atmosphäre, frei von dem Druck der Bewertung ihrer Leistungen in gemeinsamer Gruppenarbeit.

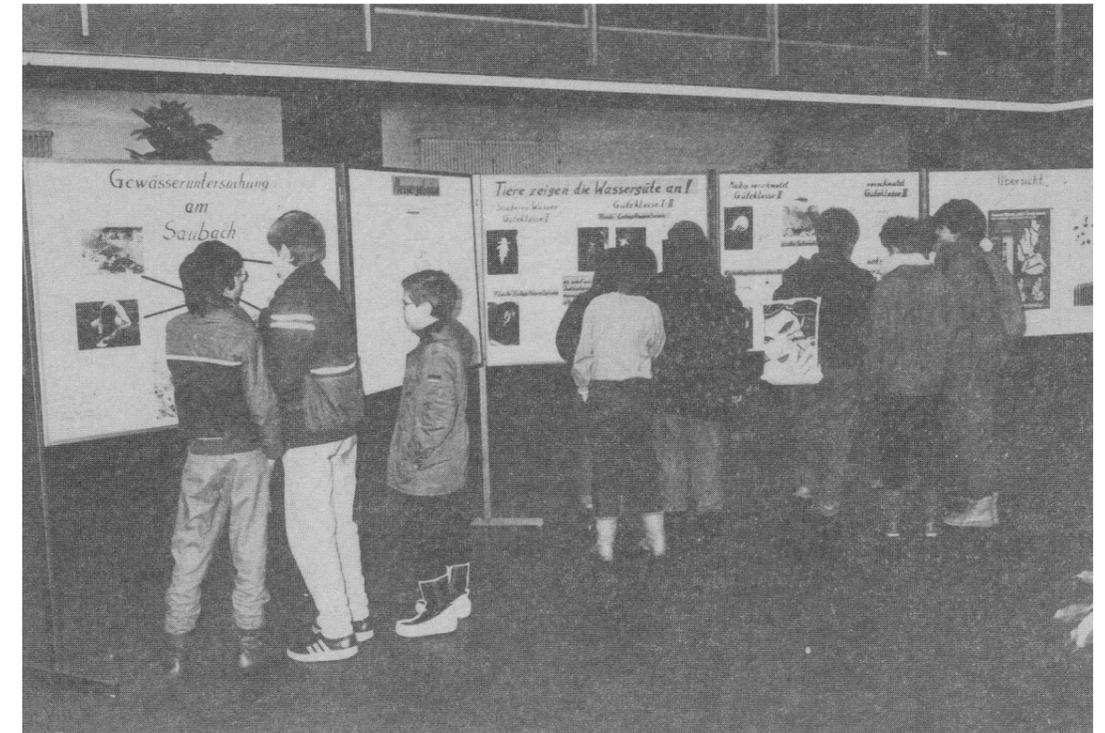


Abb. 12: Die Ausstellung im Atrium der Schule



Abb. 13: Tafel I: Karte der Lage des Saubaches und der einzelnen Untersuchungsstellen am Gewässer. Fotos vom Aussehen der Untersuchungsstellen



## Schüler untersuchten Qualität des Wassers

### Saubach wieder sauberer

rdl. Lebach. Zu einem guten Ergebnis kam die Öko-Arbeitsgemeinschaft des Realgymnasiums Lebach bei der Gewässeruntersuchung des Saubaches: Seit 1980 (Saarl. Gewässergütekarte) hat sich die Wassergüte des Saubaches offensichtlich deutlich verbessert. Dies fanden die Schüler heraus, als sie im Laufe des vergangenen Sommers unter Leitung von Studiendirektor Erwin Schorr den Saubach genauer unter die Lupe nahmen. Hauptziele der Arbeit waren, die Problematik der Gewässerverschmutzung anzugehen, vor Ort Methoden zur Gewinnung von konkreten Meßergebnissen kennenzulernen und aus diesen Werten dann Aussagen über den Zustand des Gewässers machen zu können.

An vier verschiedenen Meßstellen analysierten sie das Wasser chemisch und biologisch. Zur biologischen Analyse sammelten sie mit Hilfe einfacher Geräte im Bodenbereich von Sediment und Steinen vor allem wirbellose Bachbewohner, bestimmten sie und zählten sie aus. Diese Organismen sind, da sie unterschiedliche Ansprüche an Sauerstoffgehalt und andere Inhaltsstoffe des Wassers stellen, geeignet als Indikatoren für die Gewässergüte. An der ersten Meßstelle, im Wald oberhalb von Gresaubach, fanden sie viele Steinfliegenlarven, Köcherfliegenlarven (mit Köcher), graue Strudelwürmer, Bachflohkrebse usw. Diese Tiere können nur in sauberem bis gering belastetem Wasser leben (Güteklasse I, I-II). Bis zur Mündung des Saubaches in die Theel verschlechtert sich die Wassergüte allerdings kontinuierlich: Kurz vor der Mündung (letzte Meßstelle) zeigten die Indikatoren nur noch die Güteklasse II-III an (III = kritisch belastetes Wasser).



UMWELTBEWUSST: Die Schüler in der Öko-Arbeitsgemeinschaft des Realgymnasiums Lebach haben die Wasserqualität des Saubachs untersucht und auf Schautafeln dargestellt.

Neben der biologischen wurde auch eine chemische Analyse durchgeführt. Dazu benötigten die Schüler spezielle Reagenzlösungen. Zu dieser Untersuchung gehörten z. B. die Bestimmung von Nitratgehalt, Nitritgehalt, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, BSB-2-Wert und Wasserhärte. Auch hier bestätigte sich das durch die biologische Bestimmung gewonnene Bild, nämlich eine Verschlechterung vom quellnahen Bereich bis zur Mündung.

Die Ergebnisse ihrer Arbeit und eine kleine Übersicht über wichtige Bioindikatoren wurden von der Arbeitsgemeinschaft auf fünf Schautafeln zusammengefaßt und im Lichthof des Realgymnasiums ausgestellt. Die zahlreichen Fotos der Ausstellung entstanden unter Mitwirkung der Photogruppe unter der Leitung von Oberstudienrat Günter Leyendecker. Die Stadtverwaltung von Lebach hat es ermöglicht, diese Schautafeln auch

interessierten Bürgern von Lebach zu zeigen. Ab Donnerstag nach Aschermittwoch wird die Ausstellung für etwa 14 Tage im Foyer des Lebacher Rathauses stehen.

Abb.18: Pressebericht in der Saarbrücker Zeitung (SZ vom 12.2.86)