BACH – LAND – FLUSS

UNTERSUCHUNG
VON FLIESSGEWÄSSERN UND
IHRES EINZUGSBEREICHS

Schulen für eine
LEBENDIGE ELBE

BACH – LAND – FLUSS

UNTERSUCHUNG VON FLIESSGEWÄSSERN UND IHRES EINZUGSBEREICHS

Autoren:

Johann-Wolfgang Landsberg-Becher und Klaus Prankel,
„Beratungsstelle für Umweltbildung des Landesinstituts für Schule und Medien (LISUM) beim Naturschutzzentrum Ökowerk Berlin“,

und Britta Köpcke,
„Zentrum für Schulbiologie und Umwelterziehung (ZSU)“, am Institut für Lehrerfortbildung (IfL), Hamburg

Projekt: Schulen für eine Lebendige Elbe

Projektträger:

Deutsche Umwelthilfe

„Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH)“,

„Zentrum für Schulbiologie und Umwelterziehung (ZSU)“ am „Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI), Hamburg“

„Beratungsstelle für Umweltbildung des Landesinstituts für Schule und Medien (LISUM) beim Naturschutz-zentrum Ökowerk Berlin“,

„Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN)“,

„Landesinstitut für Schule und Medien Brandenburg (LISUM Bbg)“

© Deutsche Umwelthilfe e. V., 2002

Alle Rechte vorbehalten. Als Kopiervorlage in Klassen- bzw. Kursstärke freigegeben.

Includes Adobe Acrobat Reader und RAGTIME

INHALT

Verzeichnis der Arbeitsbögen . . . . . *Seite IV*

Einleitung

LANDSBERG-BECHER . . . . . *Seite VI*

Zu den EU-Wasserrahmenrichtlinien . . . . . *Seite X*

Zur Handhabung der CD-Rom „Bach – Land – Fluss“ . . . . . *Seite XVI*

Danksagungen . . . . . *Seite XIX*

1 Gewässerumfeld
PRANKEL & LANDSBERG-BECHER

1.1 Sachinformation . . . . . *Seite 1/21*

1.2 Kartierung, Überschwemmungsflächen, Schadstoff-Bilanzen . . . . . *Seite 1/33*

1.3 Anleitungen zu den „geophysikalischen“ Versuchen zur Bodenanalyse . . . . . *Seite 1/40*

1.4 Anleitungen zu den „bodenchemischen“ Versuchen zur Bodenanalyse . . . . . *Seite 1/55*

1.5 Anleitungen zu den „biologischen“ Versuchen . . . . . *Seite 1/67*

1.6 Stickstoff-Zeigerpflanzen . . . . . *Seite 1/84*

1.7 Empfehlung für die Beschaffung von Chemikalien und Geräten zur Bodenanalyse undProtokollbögen für die Bodenanalyse . . . . . *Seite 1/94*
Der VISOCOLOR® Bodenanalysekoffer

1.8 Bodenkoffer Arbeitsbuch – die Gebrauchsanweisung für den VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung . . . . . *Seite 1/104*

1.9 PRAXISBEISPIELE:
1. Renaturierung der „Alten Elbe“ durch die Sekundarschule Parey, kommentierte Zeitungsberichte . . . . . *Seite 1/124*
2. Die unterirdische Fracht der Salza, Messungen der Sekundarschule Wettin *Seite 1/129*
3. Der Ausbau der Spreemündung – Beispiel für eine Einwendung in einem Planfeststellungsverfahren . . . . . *Seite 1/130*

2 Gewässerstruktur (geomorphologische Bewertung)
LANDSBERG-BECHER

2.1 Sachinformation . . . . . *Seite 2/134*

2.2 Bett, Ufer und Aue . . . . . *Seite 2/153*

2.3 Querprofil, Strömungsgeschwindigkeit u. Abfluss . . . . . *Seite 2/157*

2.4 Untersuchung des Gewässerverlaufs (Klasse 3-6) . . . . . *Seite 2/161*

2.5 Gewässerstruktur und -umfeld (Klasse 5-13) . . . . . *Seite 2/163*

2.6 PRAXISBEISPIEL:
1. Renaturierung des Kamperlienbachs seitens des Gymnasiums Am Kattenberge in Buchholz . . . . . *Seite 2/177*
2. Nun auch in Mathematik: Hochwasser . . . . . *Seite 2/187*

3 Wasserqualität (chemisch-physikalische Bewertung)
LANDSBERG-BECHER & PRANKEL

3.1 Sachinformation . . . . . *Seite 3/194*

3.2 Die Lebensbedingungen (Klasse 4-6) . . . . . *Seite 3/204*

3.3 Chemisch-physikalische Bewertung der Wasserqualität (Klasse 7-10) . . . . . *Seite 3/206*

3.4 Gütebestimmung nach BACH (Klasse 10-13) . . . . . *Seite 3/209*

3.5 Empfehlungen für die Beschaffung von Chemikalien . . . . . *Seite 3/213*

3.6 PRAXISBEISPIEL: Kirnitzschtal . . . . . *Seite 3/220*

4 Lebensgemeinschaft (biologische Bewertung)
LANDSBERG-BECHER, PRANKEL & KÖPCKE

4.1 Sachinformation . . . . . *Seite 4/225*

4.2 Wasserpflanzen als Zeigerorganismen . . . . . *Seite 4/246*

4.3 Planktonuntersuchungen . . . . . *Seite 4/249*

4.4 Erkunden der Lebensgemeinschaft mittels Bestimmungskarten . . . . . *Seite 4/261*

4.5 Gütebestimmung nach MEYER (Klasse 4-6) . . . . . *Seite 4/282*

4.6 Gütebestimmung nach WASSMANN/XYLANDER & NAGLSCHMID (Klasse 5-10) . . . *Seite 4/284*

4.7 Gütebestimmung mittels des Saprobienindex (Klasse 9-13) . . . . . *Seite 4/287*

4.8 Beobachtung von Fischen . . . . . *Seite 4/300*

4.9 PRAXISBEISPIELE:
1. Planktonuntersuchungen im Wahlpflichtunterricht der Klassenstufe 8 . . . . *Seite 4/312*
2. Anpflanzen einer Weichholzaue durch das Gymnasium an der Rüsternbreite in Aken, Bericht der Mitteldeutschen Zeitung . . . . . *Seite 4/313*

5 Auswertung und Zusammenfassung
LANDSBERG-BECHER

5.1 Vergleich der Methoden . . . . . *Seite 5/314*

5.2 Zusammenfassung der Einzelergebnisse . . . . . *Seite 5/316*

5.3 Schulische Aktivitäten und das Leben mit dem Rahmenplan . . . . . *Seite 5/319*

5.4 PRAXISBEISPIELE:
1. Rahmenplan Wahlpflichtbereich 9./10. Klasse „Lebendige Elbe“ des Immanuel-Kant-Gymnasiums in Magdeburg . . . . . *Seite 5/323*
2. Rollenspiel – Das umstrittene Knie bei Nassfuß . . . . . *Seite 5/330*

VERZEICHNIS DER ARBEITSBÖGEN

1 Gewässerumfeld
PRANKEL & LANDSBERG-BECHER

1.1.1 Versuche zur Bodenuntersuchung / Protokoll . . . . . *Seite 1/30*
1.2.1 Bestimmung von Überschwemmungsflächen . . . . . *Seite 1/36*
1.2.2 Die Ermittlung von Schadstoffbilanzen . . . . . *Seite 1/37*
1.3.1 Bestimmung der Bodenart mit Fingerprobe / Methode . . . . . *Seite 1/41*
1.3.2 Bestimmung der Bodenart durch Schlämmanalyse / Vorbehandlung . . . . . *Seite 1/44*
1.3.3 Bestimmung der Bodendichte . . . . . *Seite 1/48*
1.3.4 Bestimmung der Bodenfeuchte . . . . . *Seite 1/50*
1.3.5 Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit . . . . . *Seite 1/52*
1.3.6 Untersuchung der Wasserkapazität und Wasserdurchlaufgeschwindigkeit . . *Seite 1/54*
1.4.1 Trennung organischer und anorganischer Bodenbestandteile . . . . . *Seite 1/57*
1.4.2 Bestimmung des Humusgehalts durch Glühverlust . . . . . *Seite 1/59*
1.4.3 Bestimmung des Kalkgehalts . . . . . *Seite 1/61*
1.4.4 Bestimmung des pH-Werts . . . . . *Seite 1/63*
1.4.5 Bestimmung des Ammonium-, Nitrit- und Nitratgehalts (Probennahme) . . . . *Seite 1/65*
1.5.1 Fangen von Wirbellosen mit einem Berlesetrichter . . . . . *Seite 1/68*
1.5.2 Fangen von Wirbellosen durch „berlesenahes“ Aufschlämmen . . . . . *Seite 1/70*
1.5.3 Nachweis von Bodennematoden (Fadenwürmern) und anderen kleinen Wirbellosen . . . . . *Seite 1/71*
1.5.4 Kochsalz-Schwemm-Methode zum Nachweis mikroskopisch kleiner Bodenorganismen . . . . . *Seite 1/73*
1.5.5 Streuaufguss zum Nachweis mikroskopisch kleiner Bodenorganismen . . . . *Seite 1/74*
1.7.1 Erhebungsbogen für Visocolor® Bodenkoffer / Bodenanalyseprotokoll . . . . *Seite 1/98*
1.7.2 Auswertungsbogen für Visocolor® Bodenkoffer . . . . . *Seite 1/100*

2 Gewässerstruktur (geomorphologische Bewertung)
LANDSBERG-BECHER

2.2.1 Untersuchung von Bach- und Flussbett, Ufer und Aue . . . . . *Seite 2/154*
2.3.1 Untersuchung des Querprofils, der Strömungsgeschwindigkeit und des Abflusses . . . . . *Seite 2/159*
2.4.1 Untersuchung des Gewässerverlaufs . . . . . *Seite 2/162*
2.5.1 Untersuchung der Gewässerstruktur und des Umfeldes, Mittelgebirgsbäche *Seite 2/175*
2.5.2 Untersuchung der Gewässerstruktur und des Umfeldes, Flachlandbäche . . *Seite 2/176*

3 Wasserqualität (chemisch-physikalische Bewertung)
LANDSBERG-BECHER & PRANKEL

3.2.1 Die Lebensbedingungen . . . . . *Seite 3/205*
3.3.1 Chemisch-physikalische Bewertung der Wasserqualität . . . . . *Seite 3/207*
3.4.1 Protokollformular zur chemisch-physikalischen Bestimmung der Gewässergüte . . . . . *Seite 3/210*

4 Lebensgemeinschaft (biologische Bewertung)
LANDSBERG-BECHER, PRANKEL & KÖPCKE

4.1.1 Anleitung zur Entnahme von Kleintieren . . . . . *Seite 4/242*
4.2.1 Bestimmung der biologischen Güte eines Gewässers mittels Wasserpflanzen . . . . . *Seite 4/247*
4.3.1 Kleine Bauanleitung für deinen Konzentrator . . . . . *Seite 4/253*
4.3.2 Planktonprobennahme-Protokoll . . . . . *Seite 4/256*
4.4.1 Erkunden der Lebensgemeinschaft mittels Bestimmungskarten . . . . . *Seite 4/262*
4.5.1 Bestimmung der biologischen Güte eines Gewässers mittels wirbelloser Tiere – Primarstufe . . . . . *Seite 4/283*
4.6.1 Bestimmung der biologischen Güte eines Gewässers mittels wirbelloser Tiere – Sekundarstufe I . . . . . *Seite 4/285*
4.7.1 Hilfen zur Bestimmung wirbelloser Tiere – Sekundarstufe II . . . . . *Seite 4/288*
4.7.2 Bestimmung der biologischen Güte eines Gewässers mittels wirbelloser Tiere . . . . . *Seite 4/296*
4.8.1 Fische im Unterlauf der Ruhr/Stadtgebiet Mülheim . . . . . *Seite 4/311*

AUTOREN

Dr. Johann-Wolfgang Landsberg-Becher *(Bildmitte, zusammen mit Dr. Ludwig Tent (rechts))*, Oberstudienrat für Biologie, Chemie und Psychologie, Dathe-Gymnasium in Berlin/Friedrichshain-Kreuzberg, und Klaus Prankel *(links)*, Studienrat für Biologie und Sport, Fritz-Karsen-Gesamtschule in Berlin/Neukölln, zählen zum Leitungsteam des Projekts „Schulen für eine Lebendige Elbe“.

Beide sind mit halber Stelle an die „Beratungsstelle für Umweltbildung des Berliner Landesinstituts für Schule und Medien (LISUM) beim Naturschutzzentrum Ökowerk Berlin“ abgeordnet. Zu ihren Aufgabengebieten gehören die Fortbildung und Beratung von Lehrkräften, Schülern und Eltern sowie die Entwicklung von Unterrichtsmaterialien zu Fragen der Umweltbildung, insbes. Süßwasserökologie, Bodenanalyse, Ökologische Landwirtschaft, Fragen der Ernährung und der schulischen Essensversorgung, des Waldbaus und der Waldnutzung, der Gestaltung schulischer Freiflächen, der Lärmprävention und des Verkehrs.

Beratungsstelle für Umweltbildung beim Ökowerk
Teufelsseechaussee 22-24, 14193 Berlin
Telefon: 030. 30 00 05-40, Fax: 030. 30 00 05 49
oekowerk@umweltbildung-berlin.de
www.umweltbildung-berlin.de

Dr. Britta Köpcke leitet seit 1999 das Wasserlabor des „Zentrums für Schulbiologie und Umwelterziehung (ZSU)“ am „Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI), Hamburg“. Als ausgebildete Hydrobiologin steht Dr. Britta Köpcke dort allen Hamburger Schulen als Beraterin in Fragen rund um das Thema Wasser zur Verfügung und führt Lehrerfortbildungen sowie Unterrichtseinheiten im ZSU oder an Hamburger Gewässern mit Lerngruppen / Schulklassen durch.
Die pädagogische Erfahrung erhielt Dr. Britta Köpcke durch ein dreijähriges Studium für das Lehramt an Grund-, Haupt- und Realschulen sowie durch die tägliche Unterrichtspraxis im ZSU. Seit 2000 unterrichtet sie stundenweise an einer Hamburger Grundschule.

Dr. Britta Köpcke kooperiert eng mit den Hamburger Bachpatenbetreuerinnen und ist Ansprechpartnerin für das Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe“ in Norddeutschland. Sie hat im Rahmen ihrer Promotion vier Jahre lang an einem wissenschaftlichen Forschungsprojekt zur Untersuchung der Tide-Elbe mitgearbeitet, so dass ihr die Elbe besonders vertraut ist und am Herzen liegt.

Dr. Britta Köpcke, „Zentrum für Schulbiologie und Umwelterziehung (ZSU)“ am „Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI), Hamburg“,
Hemmingstedter Weg 142, 22609 Hamburg
Telefon: 040. 82 31 42 15, Fax: 040. 82 31 42 22
Koepcke@ifl-hamburg.de und
Britta.Koepcke@hamburg.de

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Genau 100 Jahre ist es her, dass KOLKWITZ und MARSSON* zum ersten Mal berichteten, wie man ein Gewässer nach seiner Flora und Fauna biologisch beurteilen kann. Gewässer sind schon von alters her ein beliebter Gegenstand der Schulbiologie, wie schon Ende vorletzten Jahrhunderts der Streit zwischen JUNGE** und SCHMEIL*** bezeugte. Ersterer wünschte sich die Behandlung von Lebensgemeinschaften und den zweckmäßigen Anpassungen der Organismen und forderte, dass die Lebensgemeinschaften in den Mittelpunkt des Schulunterrichts zu stellen seien****. Dies ist ein – leider – immer noch aktueller Wunsch, wenn auch vor dem Hintergrund der Renaissance biologischer Freilandarbeit mit Schülerinnen und Schülern.

Die Bedeutung der Gewässer für den Unterricht wird häufig so begründet: Sie hören am Ufer auf, sind relativ geschlossene Ökosysteme und können für sich erkundet werden, die Analyse bleibt begrenzt. Doch dies trifft mitnichten zu! Fast alles, was wir am Zustand der Gewässer beklagen, ist von außen beeinflusst, und die Gewässer sind, teilweise verbunden über das Grundwasser, ganz wesentlich von der Umgebung beeinflusst, sie fungieren quasi als „Schmelztiegel“ aller in ihrem Einzugsgebiet ablaufenden Prozesse. Die Zusammenhänge sind tieferer und grundsätzlicherer Natur.

Wasser und Land sind zwar für uns Menschen die Gegensätze schlechthin, nass und trocken. Auf dem einen Ufer stehend, schaut man fernweh über das andere hinweg. Doch dies hält einer genaueren Betrachtung nicht stand: obwohl zwei völlig gegensätzliche Lebensbereiche aufeinander treffen, bilden sie eine Einheit.

1. Stetige Strömung und periodisch auftretende Überschwemmungen lassen das Wasser auf dem Land versickern und dessen Morphologie verändern (Erosion). Aber auch im Gewässer selbst gibt es bereits terrestrische Zonen, die sich über die Wasseroberfläche erheben, wie z. B. Kies- und Schotterbänke und zwischen den Mäandern entstehende Inseln. Hinzu kommen Wechselwasserzonen der Auen mit Stillwasserbereichen, Altarmen und Tümpeln, Flachufer und die Dynamik des Gewässers, durch die Uferpartien, Kies- und Schotterbänke verlagert, Flussschlingen durchstoßen und andere zu Altarmen abgeschnürt werden. Neben den nährstoffarmen Kies- und Sandbänken entstehen in den Sedimentationsbereichen nährstoffreiche Standorte aus vom Wasser mitgeführtem und abgelagertem organischen Material – ein Grund, weswegen in den Auen immer wieder Menschen siedelten und Nutzflächen für ihre Landwirtschaft bestellten.

* *KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1902): Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitteilungen der Kaiserlichen Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung. Berlin-Dahlem. Bd. 1, S. 33-72.*

** *JUNGE, F. (1885):Der Dorfteich als Lebensgemeinschaft. Nachdruck der Aufl. von 1907: PZ Berlin (jetzt LISUM) und Quickborn (H. Lühr & Dircks)*

*** *SCHMEIL, O. (1896): Über die Reformbestrebungen auf dem Gebiete des naturkundlichen Unterrichts.*

**** *s. hierzu STEINECKE, F. (1932): Methodik des Biologieunterrichts. Heidelberg (Quelle & Meyer), S. 8f und 52f, und GRUPE, H. (1971): Biologiedidaktik. Köln (Aulis), S. 53f*

2. Nicht nur Steine, Kies und Sand wechseln die Grenze von Wasser und Land, sondern auch viele Lebewesen, die z. B. hier leben und sich dort vermehren.

3. Wechselwirkungen und „fließende“ Übergänge zwischen Wasser und Land gibt es nicht nur für die Gewässerstruktur und die Lebensgemeinschaften, sondern auch für die Wasserqualität. Z. B. bedingen stickstoffangereicherte Böden Nitrateinträge ins Gewässer, umgekehrt werden diese Böden in gewässernahen Feuchtwiesen wieder denitrifiziert und wird Stickstoff an die Atmosphäre abgegeben.

All dies führt zu einem Ökosystem mit ausgeprägter, mosaikartig verzahnter Lebensraum- und Artenvielfalt.

So wird auf dieser CD-Rom sehr oft vom Boden die Rede sein, und wir empfehlen dringend, das Gewässer im Zusammenhang mit der angrenzenden Landschaft und nicht isoliert von dieser zu betrachten. Das aktuelle Leitbild naturnaher Gewässergestaltung ist gekennzeichnet durch

- die Einheit vom Bach resp. Fluss und seinen Überschwemmungsgebieten, den Auen,
- die Dynamik des Abflussgeschehens und eigener Verlagerung des Bach- und Flussbettes (Mäandrieren),
- die Durchgängigkeit im Gewässer für wandernde und sich ausbreitende Organismen und
- die gewässertypische Vielfalt der Lebensräume.

Es gibt in Deutschland nur noch wenige intakte Auen und kaum noch Auwälder, viele wurden für den landwirtschaftlichen Erwerb trockengelegt; mit ihrem Schwinden verließen viele typische Pflanzen- und Tierarten Mitteleuropa. Neben der (seit einigen Jahren zurückgehenden) Verschmutzung der Gewässer führten Flussbegradigungen und Flurbereinigungen zu enormen Verlusten an Arten. Wechselwasserzonen gibt es kaum noch, und die Gewässer sind in ihr Bett gepresst.

Die Aue ist nicht nur ein idyllisches Feuchtbiotop mit großer Artenvielfalt, sie ist das natürliche Rückhaltesystem bei Überflutungen, sie hält Wasser in der Landschaft („Die Wiege des Hochwassers ist nicht das Gewässer, sondern die Landschaft“) und leistet ihren Beitrag zur Grundwasserneubildung. Die Zerstörung derartiger Strukturen führte zu Hochwasserkatastrophen und Grundwasserkalamitäten, über die Anrainer und Landwirte so sehr klagen.

82 % der Fließgewässerstrecken sind Bäche und kleine Flüsse, deren Begradigung, Verrohrung etc. den Abfluss enorm beschleunigen. Diese widernatürliche Gestaltung der Gewässer stellt die primäre Quelle des Hochwassers* dar.

** Auf dieser CD-Rom werden als Quellen des Hochwassers Maßnahmen verstanden, die das Abflussgeschehen negativ beeinflussen. Eine ganz andere und mindestens ebenso wichtige Frage ist die nach den Quellen in Menge und Ablauf ungewöhnlicher Niederschläge, also die nach den Folgen der Erwärmung der Erdatmosphäre und den Veränderungen des Wettergeschehens, z. B. der Häufigkeit von „Fünf-b-Zyklonen“, die die Regenmassen in Europa während des Sommers 2002 brachten und zu den größten jemals gemessenen Niederschlagsmengen in Mitteleuropa führten.*

60% der Schadensregulierungen erfolgen im Einzugsgebiet kleinerer Flüsse und nicht der großen Ströme. Mit dem wachsenden Bewusstsein um diese Zusammenhänge sind Auenschutz und nachhaltige Wasserwirtschaft aktuelle Themen geworden. In einer aktuellen Schrift stellte die VEREINIGUNG DEUTSCHER GEWÄSSERSCHUTZ nach dem Elbe-Hochwasser die Frage: „Hochwasser – Naturereignis oder Menschenwerk?“*.

Auf der einen Seite sind die Auen die Rückhaltesysteme, die die Kulturlandschaft vor Hochwasserkalamitäten schützen können. Auf der anderen Seite benötigen die Auen mit ihrer Artenvielfalt die Hochwasser. Springfluten und Kalamitäten sind menschengemacht, Hochwasser aber gehören zu Fließgewässern wie die Flut zur Ebbe, sie sind lebensnotwendig und natürlich. Hochwasser haben ihre eigene Ästhetik und faszinieren trotz aller Bedrohung die Menschen, die gefluteten Polder des Unteren Odertals prangten von manchen Plakaten und Titelseiten.

Unter ökologischer Bewertung von Fließgewässern wird – z. T. auch in unterschiedlicher Kombination – mal die Güte der geomorphologischen Gewässerstruktur, mal der chemisch-physikalische Zustand des Wassers und mal die Zusammensetzung und Vielfalt der Lebensgemeinschaft verstanden.

Nicht künstlich trennend und deshalb sinnvoll erscheint eine Definition, nach der die **Ökologische Gewässergüte die Zusammenfassung** aller drei Komponenten ist, **der Güte der Gewässerstruktur** (geomorphologisch), **des Wassers** (chemisch-physikalisch) und **der Lebensgemeinschaft** (biologisch). Daher wird im Folgenden die Begrifflichkeit „Ökologische Gewässergüte“ verwandt.

Eine weitere schulrelevante Neuerung hat sich ergeben, indem die Fragen der Gewässergüte nicht mehr der Biologie vorbehalten bleiben, sondern Gegenstand von Erdkunde, Chemie, Sachkunde, Geschichte, Sozialkunde und Politischer Weltkunde sein können, ja bei einer ganzheitlichen Sichtweise die Sprachen, bildende, darstellende und musische Künste mit einbeziehen. Stichwort „Wassermusik“.

„Schulen für eine Lebendige Elbe“ wurde im Rahmen der Kampagne „Lebendige Elbe“ als Projekt der Deutschen Umwelthilfe e. V., ganz besonders von Antje von Holt und Stefan Prigge gestartet. Von 1997 bis 2002 beteiligten sich fast 200 Schulen. Hier wurden in tschechischen und deutschen Schulen, in Schülercamps, entlang der Elbe von der Schneekoppe bis nach Cuxhaven und den letztlich in die Elbe einmündenden Bächen und Flüssen des gesamten Einzugsgebietes der Elbe viele Erfahrungen gesammelt.

** Graw, M. (2002): Hochwasser – Naturereignis oder Menschenwerk? Bonn (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz), Schriftenreihe Bd. 66.*

Höhepunkt des „Dachprojektes“ „Lebendige Elbe“ im Jahr 2002 war der **1. Elbe-Badetag**, dem alsbald ein weiterer, jedoch trauriger Höhepunkt, das größte bisher berichtete **Elbe-Hochwasser,** folgte.
Die Schäden sind immens und tragen hoffentlich dazu bei, die Forderungen des Umweltschutzes nicht vergessen zu lassen.

HOCHWASSERSCHÄDEN IN DEUTSCHLAND SEIT 1990

Hochwasser	Schadenssumme (Mill. Euro)	davon versichert
12/93 Saar, Mosel, Nahe, Neckar, Mittelrhein	530	28%
4/94 Oberes Elbegebiet, Saale, Unstrut	155	35%
1/95 Main, Nahe, Mittel- und Niederrhein, nördl. Donaunebenflüsse	280	39%
8/97 Oder	330	10%
10/98 Gesamtdeutschland	140	
5/99 südl. Donaunebenflüsse	350	10%
8/02 Oberes Elbegebiet und Elbe	> 25.000	

Zu ergänzen ist, dass, weltweit gesehen, Hochwasser der Fließgewässer und Meere etwa ein Drittel der Naturkatastrophen ausmachen und dabei auch ein Drittel der durch Naturkatastrophen bedingten volkswirtschaftlichen Schäden. Sie verursachen aber über die Hälfte aller durch Naturkatastrophen bedingten Todesfälle.

Schnell und überzeugend wurde in diesem Jahr an der Elbe deutlich, wie sehr Umweltschutz, insbesondere die Minderung der Emission von CO_2, Not tut und das Management der Fließgewässer korrigiert werden muss. Nicht die Flüsse und Ströme sind auszubauen, nicht die Deiche sind zu erhöhen (6 cm Absenken der Hochwasserwelle in Köln verlangt den Bau von bis zu 2.500 Mill. Euro teuren Rückhaltebecken), sondern das Wasser muss in der Landschaft gehalten werden. Seit 1996 schreibt das Wasserhaushaltsgesetz den Erhalt bestehender Überschwemmungsflächen vor. Die kleinen Gewässer bedürfen der Renaturierung, die Auen sind sind zu erhalten und zu schonen. All dies zu unterstützen ist auch Anliegen dieser CD-ROM.

Viele der im Projekt „Schulen für eine lebendige Elbe“ gesammelten Erfahrungen und gewonnenen Erkenntnisse sind auf dieser CD-ROM zusammengetragen:

- Es werden z. B. die Methoden der Untersuchung von Fließgewässern und ihres Einzugsbereichs präsentiert, die sich bewährt haben. Das sind Verfahren, die teilweise über ein Vierteljahrhundert bekannt sind, und andere, die erst kürzlich entwickelt wurden.
- Wir vergleichen und empfehlen ferner unter Nennung von Preis und Namen Analysechemikalien und Geräte.
- Schließlich werden für die einzelnen Themen Berichte beispielhafter Schulprojekte wiedergegeben.

Zu der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Und damit bin ich bei einem ganz wichtigen Punkt: Die CD-ROM wurde nicht vornehmlich als Bericht der „Schulen für eine Lebendige Elbe“ erstellt, wir haben all das vielmehr deshalb zusammengestellt, *um Sie zu ermuntern, sich einen Bach in der Nähe Ihrer Schule – einen eigenen Hausbach – zu suchen und dort aktiv zu werden.*

Die Zeiten für die Gewässer stehen nicht schlecht. Mit der neuen Wasserrahmenrichtlinie der EU ist bis 2015 noch viel zu tun (s. u.), und die Richtlinie sieht vor, dass die Anwohner zu beteiligen sind, auch Sie, Ihre Schülerinnen und Schüler!*

Worum handelt es sich also bei der Wasserrahmenrichtlinie, die am 22. Dezember 2000 EU-weit in Kraft trat?

** Praxisbezogene Handreichungen hierzu stellen z. B. die Edmund Siemers-Stiftung Madsen, B. L. & Tent, L. (2000): Lebendige Bäche und Flüsse oder im Internet unter http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/?11616 Tent, L. (2001): Pflanzen und ihre Bedeutung für Fließgewässer,ISBN 3-932681-29 – 0 und Tent, L. (2002): Bessere Bäche ISBN 3-932681-3 zur Verfügung.*

Es sollen konkrete Leitbilder für alle Fließgewässer mit einem Einzugsbereich von mehr als 10 km^2 – was nicht viel ist – entwickelt werden und dabei

- die Eigendynamik von Fließgewässern (z. B. Mäander),
- deren Strukturvielfalt (z. B. Ufer, Bach- und Flusssohle, Flachwasserbereiche),
- ihre durchgängige Passierbarkeit für alle Lebewesen, der seitens der EU eine große Bedeutung beigemessen wird,
- eine ökologische Ausgestaltung der Auen, der Wiesen und Weichholzauen

als Ziele verfolgt werden.

Zur Klarstellung muss erwähnt werden, dass alle Gewässer, auch mit kleinerem Einzugsgebiet als 10 km^2, in einen guten Zustand zu entwickeln sind.

Die Bundesregierung beschloss am 17. 4. 2002 – also vor dem Elbehochwasser – folgende Leitsätze:

Leitsätze zur ökologisch ausgerichteten Hochwasservorsorge

1. *Hochwasserereignisse müssen wieder als Naturereignisse begriffen werden, denen der Mensch immer ausgesetzt sein wird.*
2. *Menschliche Eingriffe in den Naturhaushalt haben zu einer Verschärfung der Hochwassergefahr geführt. Diese Eingriffe sollen so weit wie möglich rückgängig gemacht, ausgeglichen und künftig vermieden werden.*
3. *Langfristige Hochwasservorsorge muss sich auf die gesamte Fläche von Flusseinzugsgebieten, auch grenzüberschreitend, erstrecken. Das Vorsorgeprinzip muss auch für Hochwasserprävention gelten.*
4. *Technischer Hochwasserschutz wird auch in Zukunft notwendig sein. Er soll sich allerdings vorrangig auf den Schutz von Menschenleben und hochwertiger Sachgüter beschränken. Belange von Naturschutz und Landschaftspflege sind zu beachten.*
5. *Jeder, der vom Hochwasser betroffen werden kann, muss auch eigene Vorsorge treffen. Hierzu muss ein entsprechendes Informations- und Vorhersagesystem eingerichtet werden.*
6. *Die menschlichen Nutzungen in Überschwemmungsgebieten sind den Gefährdungen anzupassen. Entsprechende Instrumente zur Verminderung des Gefährdungspotenzials sind zu entwickeln.*
7. *In überschwemmungsgefährdeten Gebieten ist Vorsorge gegen mögliche ökologisch negative Folgewirkungen, wie Gewässer- und Bodenverunreinigungen, zu treffen.*

Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird auf EU-Ebene mit Hochdruck vorangetrieben. Bis November 2002 wurden die Leitlinien der EU-weiten Arbeitsgruppen von den Wasserdirektoren der EU-Mitgliedsländer beschlossen. Über die Leitlinien zu ökonomischen Aspekten der Wasserrahmenrichtlinie wurde in wesentlichen Punkten bereits im Juni 2002 entschieden. Durch Verkündung im Bundesgesetzblatt erhielt das Siebte Gesetz zur Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes ab dem 25. Juni 2002 Rechtskraft. Ab sofort sind Gewässer so zu bewirtschaften, dass „vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt unterbleiben“.

Es gilt ein Verschlechterungsverbot für den Ist-Zustand, und diese Leitbilder sollen nicht den Status quo als Ausgang haben, sondern sind an Gewässern zu messen, die heute mit ihren standorttypischen Pflanzen und Tieren produktive Lebensräume bilden und bereits als vorbildlich gelten (Referenzgewässer). Diese sind Ausgangspunkt für die Entwicklung eines fünfstufigen Bewertungsverfahrens und Angelpunkt der Leitbilddiskussion:

Gütestufe 1	**Sehr guter Zustand (Referenzzustand)**
Gütestufe 2	**Guter Zustand (Zielstellung)**
Gütestufe 3	**Mäßiger Zustand**
Gütestufe 4	**Unbefriedigender Zustand**
Gütestufe 5	**Schlechter Zustand**

Bis 2004 sind die notwendigen Daten zu erheben, zu kartieren und der EU zu melden. In den folgenden 5 Jahren sind Bewirtschaftungspläne zum Erreichen der Leitbilder zu entwickeln, die dann bis 2012 zu realisieren sind. Der Nachweis der Erreichung dieser Ziele ist bis 2015 zu erbringen. Dabei kann es teuer werden, die Richtlinien nicht umzusetzen, da die EU Strafen verhängen kann, wie seit dem jämmerlichen Umgang der Bundesrepublik mit den Flora-Fauna-Habitat-Richtlinien bekannt ist.

Eine Besonderheit dieser Wasserrahmenrichtlinie ist auch, dass sie sich nicht an den Länder- oder gar Verwaltungsgrenzen, sondern an der Natur orientiert und hydrologische Realitäten abbildet, nämlich die Einzugsbereiche der Fließgewässer und zwar nicht nur in der EU, sondern in ganz Europa. Das größte Einzugsgebiet ist das der Wolga, das zweitgrößte das der Donau, hier sind dann alle Anrainerstaaten zu beteiligen. Beim Rhein (Platz Nr. 11), der Elbe (Platz Nr. 12) und vor allem der Oder (Platz Nr. 13) ist das vergleichsweise einfacher, da sie relativ wenige Anrainerstaaten haben.

Der „gute chemische Zustand“ wird durch einheitliche Standards bestimmt, nach denen für „prioritäre Stoffe“ Qualitätsziele einzuhalten sind. Auf dem Index sind derzeit 33 Stoffe, von denen genau ein Drittel als „prioritär gefährliche Stoffe“ eingestuft wurde. Diese dürfen mittelfristig überhaupt nicht mehr in das Oberflächenwasser eingeleitet werden.

Für das Grundwasser gilt künftig, dass auf eine ausgewogene Bilanz zu achten ist. Damit werden auch die mit dem Grundwasser verbundenen Landökosysteme und Feuchtgebiete geschützt, die nicht mehr durch überproportionale Absenkung des Grundwassers geschädigt werden dürfen. Mit dieser Orientierung am Einzugsbereich sind auch die Feuchtgebiete miteinbezogen, deren Schutz bislang so schwer war.

Schließlich enthält die Richtlinie zwei miteinander verbundene Besonderheiten, die für die Politik äußerst ungewöhnlich sind: Die Bevölkerung soll stärker beteiligt und gleichzeitig sollen historisches und lokales Wissen genutzt werden. Dabei ist die Finanzierung der Bewirtschaftungspläne transparent offen zu legen, und es sind Wege zu suchen, kostengünstige Lösungen zu verfolgen. Es sollen also keine Schaufensterprojekte der Lokalmatadoren geschaffen, sondern Landschaft und Heimat der Menschen renaturiert werden.

Damit ist die Wasserrahmenrichtlinie ein denkbar günstiges Objekt für einen Unterricht, der

1. am konkreten Fall und nicht mit Tafel und Kreide ökologische Zusammenhänge darstellt,
2. nicht nur Missstände beklagt, sondern praktisch wird,
3. der die Schülerinnen und Schüler in lokale Themen einbindet, sie Kommunalpolitik konkret erfahren lässt und nicht einer Institutionenkunde verhaftet bleibt und
4. vor allem junge Menschen in am Gemeinwohl orientierte Arbeit einbindet, dem wohl wichtigsten Inhalt für eine Erziehung zur Demokratie.

Hätten Sie gedacht, wie viel an so einem kleinen Bach hängen mag?

Vieles von dem muss, nachdem es 2002 im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) bundesdeutsches Recht geworden ist, noch in Landesgesetze gegossen werden, manches wird später erst realisiert, und sicher wird das eine oder andere wieder zu verändern sein. Diese CD-ROM können wir leider nicht aktualisieren. Sie können aber den Fortgang der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Internet unter

www.wasserblick.net

verfolgen.

Sie finden nachahmungswürdige Agenda-Projekte unter

www.wasser-agenda.de

und unter

www.umweltbildung-berlin.de/wasser.php

weitere Informationen für schulische Aktivitäten zum Wasser und zum Land.

Und schließlich noch ein Ratschlag für all diejenigen (und hoffentlich sind das viele), die in der Kommune aktiv werden wollen:

Es ist unabdingbar notwendig, vor dem Beginn irgendwelcher Tätigkeiten zur Verbesserung der Situation eines Gewässers die jeweiligen Verantwortlichen anzusprechen! Und zwar nicht nur aus rechtlichen und ggf. Schadensersatzforderungen vorbeugenden Gründen, sondern vielmehr aus inhaltlichen:

1. Jede wasserbauliche Veränderung, die nicht durch entsprechende Veränderung der Praxis der Gewässerunterhaltung begleitet wird, bleibt erfolglos, da die tradierte Praxis der Pflegemaßnahmen die Veränderungen wieder zunichte machen wird.
2. Alle Betroffenen, insbesondere die Verantwortlichen, zu beteiligen ist der einzige Weg, eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung zum Stand der guten und allgemein gängigen Praxis werden zu lassen.

Um Schülerinnen und Schüler an die hier zur Diskussion stehenden Fragestellungen rund um die Wechselwirkungen zwischen Land und Wasser heranzuführen, wird die vergleichende Untersuchung von Standorten und Gewässern immer wichtiger.

Erst der direkte Vergleich verschiedener Standorte bzw. eine Exkursion, die diesen Vergleich ermöglicht, verdeutlicht die Notwendigkeit abwechslungsreicher Lebensräume für eine vielseitige Artenzusammensetzung eines Gewässers und seines Einzugsgebiets. Natürlich sollen auch weiterhin biologische und chemische Parameter bestimmt werden, nur nicht, wie schon oben erwähnt, quasi zum Selbstzweck.

Der erste Schritt wäre die konsequente Erhebung der geographischen Faktoren an der Messstelle. Dazu gehören Aussagen

1. zur Struktur des Gewässers (z. B.: begradigt - naturnah)
2. zur Beschaffenheit der Vegetation am Gewässer
3. zum Umfeld des Gewässers (Stadt, Wald, landwirtschaftliche Nutzung ...).

Die empirischen Untersuchungsmöglichkeiten im Umfeld können den schulischen Rahmen sprengen. Es sind aber durchaus eine ganze Reihe von Untersuchungen möglich:

- Unterschiedliche Nutzungsformen des umgebenden Landes,
- verschiedene physikalische Parameter des umgebenden Landes, die die regionalen Wasserkreisläufe bzw. den Abfluss des Wassers und den damit verbundenen Abtransport von Stoffen beeinflussen.

Hier ist an vergleichende Untersuchungen von verschieden bewirtschafteten Wäldern und Feldern zu denken.

Sinnvoll sind die Untersuchungen

- der Feuchtigkeit des Bodens (frische Probe) und seines Trockengewichtes im Vergleich (dabei Wetterbeobachtungen der letzten Zeit heranziehen),
- der Temperaturschwankungen über den Böden im Tagesverlauf,
- der Versickerungsgeschwindigkeit des Wassers,
- des Boden-pH-Wertes, des Bodennitrats, des Boden-phosphats wie auch
- der chemisch-physikalischen Werte im Wasser und der des angrenzenden Landes sowie
- von Schwebstoffen und deren Herkunft im Wasser (z. B. von mittransportiertem Sand).

Über die Arbeit im Feld hinaus können u. a.

- aktuelle Karten,
- historische Karten,
- geologische Karten und
- Flächennutzungspläne

zur Auswertung herangezogen werden.

Ganz entscheidend ist aber vor allem, dass es eine Menge Faktoren gibt, die die Arbeit an den Schulen motivierend gestalten können.

So kann man z. B.

- von realen Situationen und Fragestellungen ausgehen („In welchem Zustand ist der Bach vor unserer Haustür?“),
- Störsteine einbringen,
- Uferbepflanzungen vornehmen,
- Verantwortung übernehmen, indem man z. B. mit seinen Ergebnissen an die Öffentlichkeit geht (Wettbewerbe),
- Bachpatenschaften übernehmen,
- Informationen der Anrainer, z. B. auch der Bauern und der Kläranlagenbetreiber, die für die Situationen ja mit verantwortlich sind, einholen,
- Ausstellungen veranstalten,
- Podiumsdiskussionen organisieren...

Zur Handhabung der CD-ROM „Bach – Land – Fluss“

Für diese vielfältigen Fragestellungen werden in vier Kapiteln dieser CD-Rom

1. das Gewässerumfeld,
2. die Gewässerstruktur (geomorphologisch),
3. die Wasserqualität (chemisch-physikalisch) und
4. die Lebensgemeinschaft (biologisch)

getrennt behandelt.

Es werden jeweils

- Sachinformationen vorangestellt und dann
- Anleitungen für den Unterricht gegeben. Die Druckvorlagen sind zum eigenen Gebrauch zur Vervielfältigung freigegeben. Es hat sich als außerordentlich hilfreich erwiesen, die Materialien, die z. B. als Bestimmungshilfen oder Anleitungen für die Durchführung einer Analyse in der Freilandarbeit oder im Labor zum Einsatz kommen, einzuschweißen oder in Klarsichthüllen einzulegen. Ergänzt werden diese Materialien durch
- Empfehlungen zum sinnvollen und preisgünstigen Kauf von Chemikalien und Geräten. Abschließend werden
- Praxisbeispiele vorgestellt, die so sicherlich nicht wiederholt werden können, aber für eigene Aktivitäten anregend sein sollen.
- Das abschließende fünfte Kapitel widmet sich der schulpraktischen Umsetzung und fachübergreifenden Vorhaben.

In der Schule kann man sich diesen Themen nicht nur in Biologie, Chemie und Erdkunde widmen. Möglich ist das auch in heimat- und sozialkundlichen Bereichen anderer Fächer – das ist in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich – oder auch z. B. mit dem Rollenspiel am Ende des fünften Kapitels in Deutsch, den Wassermengenabfluss-berechnungen in Mathematik, dem Bau von Modellen in Arbeitslehre oder der Veröffentlichung von Informationen in Kunst und Informatik.

Die Kapitel sind zur Erleichterung Ihrer Arbeit modular aufgebaut. Aus diesem Grunde sind viele Querverweise im Text enthalten und vereinzelt auch Textpassagen gedoppelt, um den Lesern das Springen zwischen den Kapiteln zu ersparen.

Die den Kapiteln voranstehenden Sachinformationen können kein Sachbuch ersetzen – das würde hier jeden Rahmen sprengen. Sie sollen lediglich andeuten und in Erinnerung bringen, welche Themen und Inhalte jeweils eine Rolle spielen. Dem Unkundigen oder denjenigen, die sich damit länger nicht beschäftigt haben, ist die Fachliteratur genannt, auf die verwiesen wird.

Die Versuche und Arbeitsmaterialien für die Schüler sind so ausgewählt, dass sie mit einfachen Mitteln, ohne (zu) hohen Kosten-, Zeit- oder Vorbereitungsaufwand im Unterricht verwendet werden können. Sie können für den eigenen Gebrauch kopiert oder anderweitig genutzt werden. Weitere Streuung oder gar gewerbliche Nutzung unterliegen den Regeln des Copyright.

Alle beschriebenen Versuche sind im Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe“ im Unterricht, in Schülercamps sowie in Lehrerfortbildungen auf ihre Tauglichkeit hin überprüft worden. Materiallisten, z. T. mit Zeitplänen zur Vorbereitung (rechtzeitiges Ansetzen der Versuche), Protokoll- und Auswertungsbögen sowie eine Literaturliste zum vertieften Einarbeiten in das Thema runden das Paket an Materialien ab.

Der Inhalt dieser CD-Rom liegt in zwei unterschiedlichen Formaten vor:

1. Texte und Bilder liegen als PDF-Dokument vor und die CD-ROM kann auf dem Bildschirm gelesen werden. Sie sind entsprechend den Abmessungen der Bildschirme im Querformat. Diese PDF-Fassung kann auch ausgedruckt werden.

2. Wer Texte und Bilder im Hochformat ausdrucken oder Texte, insbesondere Materialien für die Schülerinnen und Schüler, verändern möchte, kann das RagTime-Dokument nutzen. Das dafür benötigte Programm „RagTime“ wurde uns dankenswerterweise als Freeware zur Verfügung gestellt und liegt als „RagTime Privat“ der CD-ROM bei.

RagTime ist ein Office-Programm, das Texte, Tabellenkalkulation, Bilder, Zeichnungen und Diagramme in einer komfortablen Layoutumgebung kombiniert. RagTime eignet sich sehr gut zum Layouten. So kann man z. B. für Klassenarbeiten Aufgabenblätter entwerfen und für die Korrektur und Bewertung die Verteilung der Punkte, Addition der erreichten Punkte und Umrechnung in die Endnote Rechenfelder integrieren.

Die intuitive Benutzeroberfläche bietet einen schnellen Zugang zu allen Programmfunktionen. RagTime ist plattformübergreifend und steht für den privaten Gebrauch als Freeware im Internet

http://www.ragtime.de/Content/neu_ragtime_privat/index.html

als „RagTime Privat“. Dort finden sich auch Hinweise zum Download der Handbücher, jedoch nicht der Wörterbücher.

Für den Unterricht vervielfältigte Texte sind natürlich kein privater Gebrauch. RagTime wird aber für Schulen und Lehrkräfte zu äußerst günstigen Konditionen unter

http://www.ragtime.de/content/shop_eingang/index.html

angeboten:

- Schüler/innen können RagTime Privat kostenfrei und völlig legal nutzen.
- Für Lehrkräfte gibt es RagTime 5.6.1 Vollversion als Angebot für Forschung und Lehre (Edu) zum Preis von 99 Euro. Im Preis enthalten sind elektronische Wörterbücher für Rechtschreibung und Silbentrennung für zusammen 65 Euro, die sonst gesondert gekauft werden müssten. Die Bestellung ist mit einem Schulstempel zu versehen.
- Für die Arbeit in der Klasse erhält man die RagTime 5.6.1 Userversion für 15 Plätze inkl. eines Handbuchsatzes (Wörterbücher sind inkl.) für 399 Euro inkl. MwSt.

Sollten Sie Mängel auf der CD-ROM feststellen, haben Sie bitte Nachsicht und teilen Sie uns diese bitte unter

oekowerk@umweltbildung-berlin.de

mit. Der Inhalt der CD-ROM wird ständig aktualisiert und im Internet unter

www.umweltbildung-berlin.de/wasser.php publiziert.

Abschließend wünschen wir Ihnen und Ihren Schülerinnen und Schülern viel Erfolg und Freude bei der Arbeit an den Bächen und Flüssen!

DANKSAGUNGEN

Bei einem derart großen und über ein halbes Jahrzehnt dauernden Projekt wie dem der „Schulen für eine Lebendige Elbe“ ist die Zahl der Mitwirkenden nicht mehr zu übersehen.

So gilt der Dank an erster Stelle den Schülerinnen und Schülern aus Tschechien und Deutschland, die teilweise über alle Sprachbarrieren hinweg gemeinsam und engagiert arbeiteten! So manches Mal konnten dabei auch jüngere den älteren etwas zeigen!

All dies wäre natürlich ohne ihre Lehrerinnen und Lehrer nicht möglich gewesen, deren Engagement die Schülercamps erst möglich machten, die an den aufwendigen Fortbildungen teilnahmen und die die Vorbereitungen für die Camps, den Unterricht und viele schulische Aktivitäten leisteten und sehr viel zu deren Gelingen beitrugen.

Alle wesentlichen und wichtigen Fragen wurden im Leitungsteam des Projektes geklärt. Ohne die umfassende und konkrete Beratung durch Dr. Ludwig Tent (Edmund Siemers-Stiftung) wäre jedoch der Einstieg in die Gewässermorphologie nicht möglich gewesen. Bei der Bodenkunde und –analytik unterstützte uns Dr. Christian Hoffmann (Arbeitsgruppe Bodenkunde & Standortkunde/Bodenschutz des Instituts für Ökologie und Biologie der TU Berlin), der insbesondere dabei half, mit einfachen und preiswerten Verfahren Wege für chemische Bodenuntersuchungen im täglichen Schulgebrauch zu finden und dazu auch die auf dem Markt angebotenen Analysechemikalien kritisch betrachtete.

Man muss das Rad nicht ständig neu erfinden, so sind die auf dieser CD-ROM zusammengetragenen Materialien zum Teil über ein Vierteljahrhundert alt. Diese Materialien haben sich im Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe“ bewährt und werden hier ergänzend zu den neuen im Projekt erstellten Materialien publiziert. Für die äußerst schnell und unbürokratisch erteilten Nachdruckgenehmigungen für Unterrichtsmaterialien danken wir folgenden Institutionen:

- Zentrum für Schulbiologie und Umwelterziehung (ZSU) am Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung (LI), Hamburg
- Pädagogisches Zentrum Berlin, jetzt Landesinstitut für Schule und Medien (LISUM)
- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
- Bayerische Akademie für Schullandheimpädagogik
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Hannover
- Friedrich Verlag
- Firma Macherey-Nagel
- Quelle und Meyer Verlag
- Schulbiologiezentrum des Landkreises Marburg-Biedenkopf
- Vereinigung Deutscher Gewässerschutz (VDG)
- Aulis Verlag Deubner
- Verlag die Werkstatt

und für Abbildungen:

- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft
- Rainer Blum
- Edmund Siemers-Stiftung
- Ludwig Tent
- Harry H. Tolkamp
- Gymnasium Wolfen-Stadt

Ferner geht Dank an Stefan Abtmeyer und Caroline Gärtner für die visuelle Gestaltung und den Satz der CD-ROM, Karin Andrees und Horst Walligora für die Korrektur.

Ein besonderer Dank für finanzielle Unterstützung geht an die HANSEATISCHE NATUR- UND UMWELTINITIATIVE e.V., die EDMUND SIEMERS-STIFTUNG und an das VERLAGSHAUS GRUNER + JAHR, alle in Hamburg.

Vom Dank unberührt bleibt natürlich die alleinige Haftung für die Richtigkeit des Dargestellten und der Angaben durch die Verfasser.

KAPITEL 1 – GEWÄSSERUMFELD

1.1 SACHINFORMATION

KLAUS PRANKEL und JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Es mag zunächst verwundern, auf einer CD-Rom, die von einem Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe“ herausgegeben wird, einen Abschnitt über das Gewässerumfeld mit detaillierten Bodenanalysen zu finden. Dies macht aber durchaus Sinn! Man frage sich nur: Wo kommt das Wasser her, das hier an mir vorbeifließt? Es kommt natürlich auch „aus der Landschaft“ – aus dem Boden (über das Grundwasser), kurz: aus dem Einzugsgebiet. Gewässer und Einzugsgebiet stehen in engem Zusammenhang. So führen z. B. landwirtschaftlich intensiv genutzte Einzugsgebiete mit hohen Stickstoffwerten zu Fließgewässern im Einzugsgebiet, die (zunächst) ebenfalls hoch mit Stickstoff belastet sind, da sowohl der Oberflächenabfluss als auch das Sickerwasser die in ihnen gelösten Substanzen mit in die Gewässer nehmen.

In der aktuellen ökologischen Diskussion kommt der Wechselwirkung zwischen Land und Wasser immer mehr Bedeutung zu. Die Beziehungen zwischen beiden wurden lange Zeit unterschätzt bzw. ignoriert. Die Komplexität dieses Gefüges wird aber deutlich, wenn man sich ein paar Aspekte der Gewässer- und der Landnutzung vor Augen führt.

Einige Aspekte der „Gewässernutzung”

Gewässer in der modernen Industriegesellschaft haben vielfältige Funktionen, die z. T. nur schwer zu vereinbaren sind. So dienen sie zur Gewinnung von Trinkwasser, in der Landwirtschaft zur Berieselung und als Viehtränke, sie werden vom Tourismus, von Freizeitskippern, Surfern und Badenden genutzt, sie sind Erwerbsquelle für Fischer, fungieren als Verkehrswege, sind Vorfluter und werden zur Kühlung von Kraftwerken herangezogen. Obendrein bemüht man sich um einen ausgeprägten Artenreichtum der Gewässer. All dies ist mitunter nur schwer auf einen Nenner zu bringen und hat z. T. einen erheblichen Einfluss auf die Qualität unserer Gewässer.

Einige Aspekte der „Landwirtschaftlichen Nutzung”

Ebenso werden an das Land die unterschiedlichsten Anforderungen gestellt, die wiederum auf die Qualität der Gewässer einwirken. Die Landnutzung beeinflusst z. T. erheblich den Wasser- und Stoffhaushalt sowie das Klima. Land- und Forstwirtschaft üben starke Einflüsse aus, Industrie und Siedlungen haben massiven Flächenverbrauch. Gleichzeitig dient das freie Land der Naherholung, dem Tourismus und soll ästhetische Bedürfnisse befriedigen. Hinzu kommen die Anforderungen des Naturschutzes, wie Arten-, Biotop-, Ökosystem- und Klimaschutz.

Wechselwirkungen zwischen Land und Wasser

Ein zentraler Gedanke bei der Nutzung von Land und Wasser ist der der Nachhaltigkeit, „Sustainable development”. Darunter versteht man eine Nutzung der Ressourcen dieser Welt in einer Weise, bei der die Eingriffe in ökologische, ökonomische und soziale Prozesse zukünftig derart gestaltet werden, dass die Veränderungen – stark vereinfacht gesagt – nicht weiter aus dem Lot gebracht werden. Ausgangspunkt dieser Überlegungen sind die Ergebnisse der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro 1992.

Manifestieren tun sich die Umsetzungen nicht zuletzt in den Aktivitäten der lokalen Agenden, die das Ziel haben, die lokalen Strukturen „nachhaltig zu gestalten", ohne dabei die globalen Entwicklungen aus den Augen zu verlieren.

Ein klassisches Beispiel für veraltetes, aber leider fast überall noch übliches nichtnachhaltiges Verhalten im Bereich der Wassernutzung in Europa sind z. B. die Katastrophen an der Theiss und die Vergiftungen ganzer Landstriche Spaniens, jeweils verursacht durch die kurzsichtige, unverantwortlich falsche und leichtsinnige Nutzung der Ressource Wasser. Hier wurden eindeutig zu Gunsten der Ökonomie ökologische und soziale Fragestellungen völlig vernachlässigt. In diesen Kontext der „falschen" Nutzung von Wasser und Land gehören aber auch die Hochwasserkatastrophen der letzten Jahre an der Oder, in den Alpen oder am Mississippi und vor allem das diesjährige Elbe-Hochwasser, um nur einige zu nennen.

Das „Energie-Transport-Reaktionsmodell"

WILHELM RIPL und seine Mitarbeiter entwickelten ein „Energie-Transport-Reaktionsmodell" (ETR-Modell) für den Wasserhaushalt in Landschaften, aus dem sich Konsequenzen für eine nachhaltige Landnutzung ableiten lassen (englische Zusammenfassung im Internet unter www.tu-berlin.de/fb7/ioeb/Limnologie/index_d.htm).

Der Name des Modells leitet sich folgendermaßen ab:

- **E**nergie treibt alle Prozesse an,
- Wasser verteilt die Potentiale, leistet **T**ransporte,
- **R**eaktion des Wassers in den Organismen und der Landschaft.

Fast jeder weiß aus eigener Erfahrung, dass unterschiedliche Ökosysteme in der Landschaft die Temperatur unterschiedlich effizient regeln. So erwärmt sich z. B. ein Acker im Sommer deutlich stärker als ein Buchenwald oder ein Parkplatz mehr als ein Stadtpark.

Verschiedene ökologische Strukturen können relativ zueinander verglichen werden: Den besten energetischen Wirkungsgrad besitzt dasjenige Ökosystem, das unter Erhalt der Ressourcen des Standortes den Energiepuls am besten dämpft, also die Temperaturschwankungen gering hält. Diese Schwankungen stehen in Wechselwirkungen mit den Verdunstungen bzw. Kondensierungen über der Fläche.

Die Zusammenhänge lassen sich stark verkürzt etwa so darstellen:

- Ökosysteme leben von der Sonnenenergie.
- Der Energiepuls der Sonne wird vom Ökosystem genutzt und auf eine mittlere Temperatur ausgeglichen.
- Die Vegetation verdunstet dabei Wasser, transportiert es und betreibt ihren Stoffwechsel.
- Ohne Temperaturausgleich durch Wasser wäre die Vegetation der Sonne so ausgeliefert, dass Schädigungen aufträten.
- Das Wasser benötigt zur Verdunstung viel Energie, entnimmt diese dem Ökosystem und kühlt es auf diese Weise.

- Nachts kondensiert das Wasser wieder und erwärmt damit die Umgebung. Wasserkreislauf und Vegetation gleichen Temperaturextreme aus und machen die Erde bewohnbar.

So wird deutlich, dass Energetik und Stoffflüsse eng verknüpft sind:

Wasserkreislauf (Verdunstung, Kondensation) und biologischer Prozess (Fotosynthese, Respiration) sind weitgehend geschlossene Kreisprozesse.

Tritt in einem Ökosystem Versickerung statt Verdunstung auf, kommt es statt zu chemischen Fällungs- zu Lösungsreaktionen, in deren Folge gelöste Stoffe mit dem Wasser abtransportiert werden und dem Ökosystem verloren gehen.

„Reife", naturbelassene oder naturnahe Ökosysteme mit hoher Verdunstung und Kondensation minimieren den Verlustanteil an gelösten Stoffen. Das Zusammenspiel von Produzenten, Konsumenten und Destruenten sorgt für geschlossene lokale Stoffkreisläufe.

Bewirtschaftete Biotope weisen nicht mehr diese funktionierenden Stoffkreisläufe auf. Die folgende Abbildung zeigt den Oberflächenabfluss bei verschiedenen Nutzungsarten.

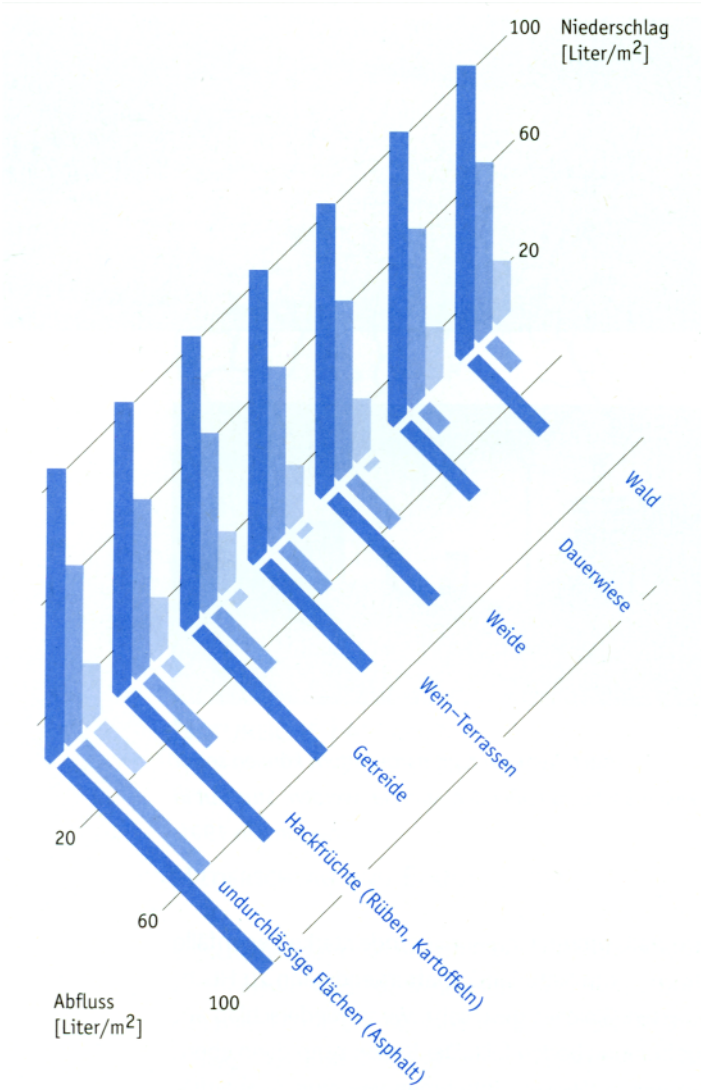


Abb 1.1.1: Oberflächenabfluss bei verschiedenen Nutzungsarten, aus Graw (2002). Verändert nach Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.

Entwässerung (Drainage) u. a. führen zur Bildung starker Säuren, wie Schwefel- und Salpetersäure, und hohen Stoffverlusten im Boden. So beträgt der Verlust an Basen in solchen Ökosystemen heute ca. eine Tonne pro Hektar und Jahr. Diese mit dem Wasser abtransportierten Stoffe gelangen in unsere Gewässer, in denen sie dann die Gewässerqualität maßgeblich mitbestimmen.

Diese Stoffverluste müssen durch künstlichen Eintrag (Düngung) ausgeglichen werden, um die Produktivität von Landschaften, z. B. für die weitere landwirtschaftliche Nutzung, aufrecht zu erhalten. Sie können so als objektives Maß für die eingeschränkte Nachhaltigkeit der Landnutzung dienen.

Als Beispiel für ein funktionierendes, nachhaltiges Ökosystem soll hier die Streuschicht in einem naturnahen Buchenwald herangezogen werden:

Durch oberflächliche Abdichtung des Bodens mit Laubstreu werden verlustbehaftete Bodenwasserströme minimiert. Die Speicherung des Wassers in dieser Schicht ermöglicht der Vegetation, über die Verdunstung die Mineralisierungsprozesse zu steuern. Die Mineralisierung findet vor allem während wechselfeuchter Phasen statt, die durch die tägliche Verdunstung an den Wurzeln hervorgerufen werden. Ist es zu nass oder zu trocken, ist der Mineralisierungsprozess gehemmt.

In diesem Zusammenhang sind die Ergebnisse des Stör-Projekts (Ripl et al. 1996 (Zusammenfassung im Internet unter www.tu-berlin.de/fb7/ioeb/Limnologie/index_d.htm)) interessant. Hier wurde versucht, im Einzugsgebiet der Stör (Schleswig-Holstein) eine zeiträumliche Analyse und Planung von Stoffströmen durchzuführen.

In dem etwa 1.000 km^2 umfassenden Einzugsgebiet wurden Stoffverluste mit den Abflüssen und deren chemischen Konzentrationen bilanziert. Teileinzugsgebiete konnten anhand ihrer Stoffverluste und zusammen mit weiteren Parametern (Flächennutzung, Fliessgewässerlänge, Hangneigung) relativ bewertet werden.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die gemessenen Stoffverluste (Basen) schwankten zwischen 900 und 1.500 kg/(ha x a) (ohne NaCl-Anteil).
- Der Anteil des ausgewaschenen Stickstoffs und Phosphats, denen in vielen Untersuchungen große Aufmerksamkeit geschenkt wird, ist sehr gering (Gesamt-N 20 kg/(ha x a), P 0,5 kg/(ha x a)).
- Der Einfluss direkter Einleitungen, wie Kläranlagen, ist im Vergleich zum Gesamtstoffaustrag aus dem Gebiet gering.

RIPL und seine Mitarbeiter entwickelten aus ihren Theorien und Beobachtungen u. a. folgende

Forderungen für eine nachhaltige Landnutzung:

- Kuppenlagen sollen mit extensiv bewirtschaftetem Wald bebaut werden, bisher sind gerade diese Lagen auf Grund ihres geringen Gefälles als Nutzflächen besonders beliebt.
- Feuchtgebiete (Sümpfe, Moore, Auen) müssen renaturiert werden.
- Entlang der Gewässer müssen große Feuchtgebiete geschaffen werden. Dies können Röhricht- und Schilfstreifen und/oder Feuchtwälder, wie Erlenbruchwälder, sein.
- Organische Abfälle müssen wieder in die Kreisläufe vor Ort integriert werden.
- Landschaften (und Städte) müssen mit mehr Biomasse ausgestattet werden, um lokale Kreisläufe zu reaktivieren.

Hier spielen natürlich auch Begradigung, Drainage und Einfassung der Gewässer eine große Rolle, ebenso wie die Nutzung der Auen, die damit als Überflutungsreserven, Feuchtgebiete und Ablagerungsflächen für Nährstoffe verloren gehen. Verlust von Wäldern durch Rodungen und Schäden zeigten deutlich verstärkte Hochwassergefahr. Zur Minderung der Schäden großräumiger Flurbereinigungen sind kleinteilige Landschaftsstrukturen wie Feldgehölze, Flurstreifen, Hecken und Bauminseln zu schaffen.

Auf einen Nenner gebracht heißt das: Stoffkreisläufe müssen geschlossen gehalten und regionalisiert werden.

Das aktuelle Leitbild naturnaher Gewässerunterhaltung ist deshalb durch die Einheit vom Bach resp. Fluss und seinen Überschwemmungsgebieten, der Aue, gekennzeichnet. Das Wassereinzugsgebiet und insbesondere die Aue zu untersuchen ist ebenso wie die physikalisch-chemische Wasseranalyse und die biologische Untersuchung des Lebensraums Gegenstand ökologischer Gewässeranalyse.

Böden

Böden sind komplexe, dynamische Systeme, deren Bedeutung gerade Schülern häufig nicht deutlich ist. Sie setzen sich zusammen aus Wasser, Luft, organischen und anorganischen Bestandteilen, und sie enthalten Pflanzen, Tiere, Pilze und andere Mikroorganismen. Die unterschiedliche Zusammensetzungen und Beschaffenheiten dieser Komponenten machen die Eigenschaften unterschiedlicher Böden aus.

Auf (und in) Böden wachsen die Pflanzen, sie entziehen ihnen Wasser und Nährstoffe und nutzen sie als Möglichkeit der Verankerung. Konsumenten auf und im Boden ernähren sich von den Fotosyntheseprodukten, Destruenten im Boden mineralisieren die abgestorbenen Produzenten und Konsumenten und ermöglichen so Stoffkreisläufe.

Das Zusammenspiel von Produzenten, Konsumenten und Destruenten ist aber stark abhängig von der Beschaffenheit der Böden. So beeinflussen z. B. Korngrößen der anorganischen Bodenbestandteile diese Eigenschaften stark. Von ihnen sind u. a. das Wasserspeichervermögen und die Durchlüftung abhängig. Beides Faktoren, die das Leben an einem Standort stark beeinflussen.

Anliegen dieser Ausführungen soll es auch sein, eine Einführung in einfache Untersuchungen von Böden zu geben. Die ausgewählten Versuche stehen überwiegend in engem Zusammenhang mit den Fragestellungen über die Wechselwirkungen von Wasser und Boden an einem Standort.

Die Versuchs- und Arbeitsmaterialien für die Schüler sind so ausgewählt, dass sie mit einfachen Mitteln, ohne (zu) hohen Kosten-, Zeit- oder Vorbereitungsaufwand durchgeführt werden können. Alle beschriebenen Versuche sind vom Autor im Unterricht sowie in Lehrerfortbildungen auf ihre Tauglichkeit hin untersucht. Materiallisten, z. T. mit Zeitplänen zur Vorbereitung (rechtzeitiges Ansetzen der Versuche), Protokoll- und Auswertungsbögen sowie eine Literaturliste zum vertieften Einarbeiten in das Thema runden das Paket an Materialien ab.

Die in der Tabelle vorgeschlagenen Versuche sind zunächst in zwei Gruppen eingeteilt:

1. „einfache Versuche“ – darunter werden hier Versuche verstanden, die nicht im VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung enthalten sind, auf den unter 1.7 gesondert eingegangen wird.

2. Versuche aus dem VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung.

Dazu ist anzumerken:

- Die Versuche in der folgenden Tabelle, die gleiche Bezeichnungen haben, lassen sich mit geringem Aufwand ebenso ohne wie mit dem Bodenanalysekoffer durchführen. Sie benötigen keinen hohen apparativen Aufwand.

- Die Versuche, die nur in der Spalte „einfache Verfahren“ aufgeführt sind, lassen sich ohne den Koffer durchführen.

Insgesamt werden folgende Versuche hier vorgestellt, die den drei Themenbereichen

- Bodenphysik (im Abschnitt 1.3)
- Bodenchemie (im Abschnitt 1.4) und
- Bodenlebewesen (im Abschnitt 1.5)

zugeordnet sind.

THEMA	„EINFACHE“ VERFAHREN	BODENANALYSEKOFFER
„Bodenphysik“	**(Kapitel 1.3)**	**(Kapitel 1.7)**
Bodenart	durch Fingerprobe, durch Schlämmanalyse	Sedimentationsanalyse
Bodendichte	Gewichts-Volumenrelation	Gewichts-Volumenrelation
Bodenfeuchte	Berechnung über Differenz Feuchtgew. – Trockengew.	Berechnung über Differenz Feuchtgew. – Trockengew.
Wasserdurchlässigkeit	1 l Versickerungstest (Dose)	
Wasserkapazität	Max. Wasserhaltevermögen getrockneten Bodens	
Wasserdurchlaufgeschwindigkeit	Tropfversuch	
„Bodenchemie“	**(Kapitel 1.4)**	**(Kapitel 1.7)**
Trennung von organischem u. anorganischem Material	Alauntest	
Humusbestimmung	Humusgehalt durch Glühverlust	
Kalkgehalt	„Aufbrausen“ mit 10%iger HCl	
pH-Wert	pH-Indikatorstäbchen, Hellige pH-Meter	pH-Indikatorstäbchen, Kolorimetrisch
Nitrit/Nitrat	Nitrit/Nitrat-Indikatorstäbchen	Nitrit/Nitrat-Indikatorstäbchen
Ammonium	Ammonium-Indikatorstäbchen	Ammonium-Indikatorstäbchen
Phosphor		Kolorimetrisch
Kalium		Nephelometrisch
Bodenlebewesen	**(Kapitel 1.5)**	
kleine Wirbellose	Berlese	
Fadenwürmer, Ringelwürmer	„Berlesenahes“ Ausschlämmen	
Nematoden u. a. Wirbellose	Bodennematoden auf Agar	
kleinste Bodentiere	Kochsalz-Schwemm-Methode	
Pilze und Bakterien	Streuaufguss	

Die einzelnen Versuche sind in entsprechenden Arbeitsbögen der Anleitungen in den folgenden Abschnitten 1.3 - 1.5 beschrieben, die Versuchsanleitungen zu den Versuchen aus dem VISOCOLOR® Bodenkoffer sind dem Abschnitt 1.7 zu entnehmen.

Im Abschnitt 1.6 erfolgen Hinweise zur Identifikation von Böden mit zu großer Stickstofffracht mittels Bioindikatoren, Stickstoff anzeigenden Pflanzen. Diese Stickstoff-Zeigerpflanzen sind nach drei Gesichtspunkten ausgesucht:

1. Sie sind ausgesprochene Stickstoffzeiger und konzentrieren sich teilweise an übermäßig stickstoffreichen Standorten wie Viehlager und Orten mit Verschmutzungen.
2. Sie sind Ackerwildkräuter, kommen auf Stickstoff-Krautfluren oder Flurrasen und Feuchtweiden vor.
3. An Orten ihres Auftretens sind sie sehr häufig und kommen teilweise überall vor.

Mitunter scheitert die Durchführung selbst einfacher Versuche im Unterrichtsalltag daran, dass einem „auf die Schnelle“ das eine oder andere Utensil gerade nicht zur Hand ist. Die folgende Tabelle vereinfacht die Auswahl und Vorbereitung der Versuche, die weiter unten beschrieben sind. Z. T ist angegeben, wenn die Versuche einen längeren Vorlauf haben, also z. B. einige Tage vor dem Unterricht angesetzt werden müssen.

ZUSAMMENSTELLUNG DER FÜR DIE DURCHFÜHRUNG DER VERSUCHE BENÖTIGTEN MATERIALIEN

„BODENPHYSIK“	**(KAPITEL 1.3)**
Bodenart durch Fingerprobe *(nach* MAYER *S. 40f)*	Bestimmungsschlüssel
Bodenart durch Schlämmanalyse *(nach* MAYER *S. 43)*	Messzylinder, Verschlussstopfen, wasserfester Stift, Stoppuhr, Lineal, Aqua dest.
Bodendichte	frische Bodenprobe! 100-ml-Messzylinder, Esslöffel (o.ä.), Waage
Bodenfeuchte	frische Bodenprobe! saugfähige Unterlage (ca. DIN A4), Esslöffel (o.ä.), Waage, Backofen oder Trockenschrank
Wasserdurchlässigkeit (Feldmethode) *(nach* MAYER *S. 46)*	Konservendose (beide Seiten offen) oder Plastikrohr Ø ca. 10 cm, Höhe ca. 15 cm, Hammer, Brett, Verbandsmull, 1-l-Gefäß, Wasser, Stoppuhr
Wasserkapazität und -durchlaufgeschwindigkeit Vorbereitung: Je Probe 30 g luftgetrockneter Boden – Boden trocknen! *(nach* MAYER *S. 45)*	Erlenmeyerkolben, Trichter, Messzylinder, Watte, Grobsand, Stoppuhr, Wasser, Verbandmull, Waage

„Bodenchemie“	**(Kapitel 1.4)**
Alauntest, Trennung von **organischem und anorganischem** Material *(nach* KUHN ET AL. *S. 190 f)*	Alaun, Löffel/Schippe, Schüttelgefäß, (Marmeladenglas; Glas für Babynahrung),
Humusgehalt durch Glühverlust *(nach* MAYER *S. 47)*	Bunsenbrenner, Waage, Porzellantiegel. Spatel, Dreifuß, Tondreieck
Kalkgehalt *(nach* MAYER *S. 49)*	Petrischale, Pipette, 10%ige Salzsäure (1 Teil konz. HCl + 3 Teile Wasser)
pH-Wert-Bestimmung *(nach* MAYER *S. 48)*	Bodenbohrer oder Spaten, Bechergläser, Filter, pH Teststäbchen, 0,1 m $CaCl_2$-Lösung, Uhr
Nitrat-Bestimmung, Nitrit-Bestimmung Ammonium-Bestimmung *(z. T. nach* MAYER *S. 50 f)*	Bodenbohrer oder Spaten, Bechergläser, Filter, Nitrat-/Nitrit-Teststäbchen, Ammonium-Teststäbchen, Aqua dest., Uhr

Bodenlebewesen	**(Kapitel 1.5)**
Fangen von Wirbellosen – Berlesetrichter (kann 2 - 3 Tage ohne künstliche Beleuchtung funktionieren), *(nach* BRUCKER/KALUSCHE *S. 72)*	Trichter, (Küchen-) Sieb, Spiritus und/oder Glycerin, Spüli (in Spiritus bringt bessere Konservierung), Lampe, Stativ, Stativklemme, Auffangglas, Schwarze, Pappe, Schere, Kleber (ggf. Tesa), Objektträger, Deckgläschen, Federstahlpinzetten
„Berlesenahes“ Ausschlämmen (Faden und Ringelwürmer), *(nach* SLABY *S. B4)*	Trichter, Stativ, Stativklemme, Sieb, Gummischlauch für Trichter, Schlauchklemme, Becherglas, Erlenmeyerkolben, Pappe, Lampe, Gazesäckchen
Nachweis von Bodennematoden u. a. 24 - 30 Stunden vorher ansetzen *(nach* SPIELER & SKIBA, *S. 38ff)*	Agar (1 - 2 % Agar auf 98 - 99 % Wasser), Petrischalen, Trichter, Klopapier, Schlauch, Glasröhrchen (Nematoden überleben 24 - 30 Stunden!)
Kochsalz-Schwemm-Methode (mikroskopisch kleine Bodenlebewesen) *(nach* SLABY S. *B5 Kochsalz)*	Wasser, Schüttelflasche (Marmeladenglas), Pipetten, Objektträger, Deckgläschen
Streuaufguss (mikroskopisch kleine Bodenlebewesen) (2 - 3 Tage vorher ansetzen), *(nach* SLABY S. *B5)*	Becherglas, abgestandenes Wasser, Bodenprobe, Objektträger, Deckgläschen, Pipette, Mikroskop (aufgießen, einige Tage stehen lassen, Kahmhaut mikroskopisch untersuchen)

Der folgende Protokollbogen ermöglicht für die „einfachen“ Versuche das Zusammentragen der Versuchsergebnisse einer Lerngruppe, sollte sie arbeitsgleich oder arbeitsteilig vorgegangen sein.

VERSUCHE ZUR BODENUNTERSUCHUNG / PROTOKOLL

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Probennehmer: _____

Standort: _____

Datum: _____

BODENART:

nach Fingerprobe *(Zutreffendes ankreuzen)*:

- o Sand (S)
- o anlehmiger Sand (Sl)
- o lehmiger Sand (lS)
- o sandiger Lehm (sL)
- o stark sandiger Lehm (SL)
- o Lehm (L)
- o lehmiger Ton (LT)
- o Ton (T)

nach Schlämmanalyse:

Ausgangshöhe der Bodenprobe im Gefäß: ____cm

(nach Auffüllen mit Wasser)

Höhe der Sandpartikel nach 8 Sekunden: ____cm

Höhe der Schluffpartikel nach 3 Minuten: ____cm

Prozent Sand: _____**%**

Prozent Schuff: _____**%**

HUMUSGEHALT NACH GLÜHVERLUST:

Probe vor dem Glühen: .....g

Probe nach dem Glühen: .....g

Gewichtsverlust: .....g

Humusgehalt in %:

$$\text{Humus \%} = \frac{\text{Gewichtsverlust} \quad .....\text{g} \times 100}{\text{Probe vor dem Glühen} \quad .....\text{g}} = ...\%$$

WASSERDURCHLÄSSIGKEIT

FELDMETHODE

Dauer des Versickerns von 1 l Wasser: _____ min

Durchflussmenge pro Stunde: _____ l/h

VERSUCHE ZUR BODENUNTERSUCHUNG / PROTOKOLL

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

WASSERKAPAZITÄT UND WASSERDURCHLAUFGESCHWINDIGKEIT

Wasserdurchlaufgeschwindigkeit gleich

Tropfgeschwindigkeit nach dem zweiten oder dritten Wasserdurchlauf:

_____Tropfen/Min

Wasserkapazität:

$$\text{Wasserkapazität (Gew.\%)} = \frac{\text{aufgen. Wassermenge .....(ml)}}{\text{Bodengewicht .....(g)}} \times 100 = \text{.....(Gew.\%)}$$

PH –WERT

pH ($CaCl_2$) = _____

pH	< 3,5	-4,5	-5,5	- 6,5	-7,2	- 8,5	> 8,5
	extrem sauer	stark sauer	sauer	schwach	neutral	alkalisch	stark alkalisch

KALKGEHALT

Bitte ankreuzen!

o kein Aufbrausen	unter 1%	kalkarm
o schwaches, kurzes Aufbrausen	1 - 3%	schwach kalkhaltig
o deutliches, verlängertes Aufbrausen	3 - 5%	kalkhaltig
o starkes, anhaltendes Aufbrausen	über 5%	stark kalkhaltig

NITRATGEHALT

abgelesener Nitratgehalt (in H_2O) _____mg/l (entspricht kg/ha)

Unter Berücksichtigung der Bodenfeuchte:

gemessenen Nitratgehalt mit einem Korrekturfaktor multiplizieren!

Faktor 1,1 für trockene Böden

Faktor 1,3 für normale Böden

Faktor 1,5 für nasse Böden

Korrigierter Nitratgehalt:

abgelesener Wert _____kg/ha x Faktor ____ = _____kg/ha

LITERATUR
ZU KAPITEL 1: GEWÄSSERUMFELD

Bochter, R. (1995): Bestimmung des Kohlenstoffgehaltes in Bodenproben. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie, 44, H. 3, S. 25-30.

Bodenchemie. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik/Chemie, 33 (1985), H. 8.

Brucker, Gerd; Kalusche, Dietmar; (1990) Boden und Umwelt. Bodenökologisches Praktikum. Biologische Arbeitsbücher 19, 2. Aufl., Quelle und Meyer, Heidelberg/Wiesbaden *(sehr gelungenes Werk mit hoher Schulrelevanz – vor allem aber für Sek I und Sek II)*

Fraedrich, W. (Hrsg.) (1998): Boden. Geographie heute, 19, H. 161. *(mit ausführlicher Lernkartei)*

Graw, M. (2002): Hochwasser – Naturereignis oder Menschenwerk? Bonn (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz), Schriftenreihe Bd. 66.

Jörg, G. & Gebhardt, H. (1978): Landwirtschaftliche Nutzung in Abhängigkeit vom Boden. In: Geographie im Unterricht, Heft 3, S. 177-186 und 211-217.

Kuhn, Karl; Probst, Wilfried; Schilke, Karl (1986) Biologie im Freien. Metzler, Hannover *(hier nur ein Kapitel über Boden – vor allem für den Grundschulbereich)*

Lükenga, W. (1998): Wasser als Ressource. Köln (Aulis).

Meyer, Jürgen (1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg *(sehr praxisnahe Handreichung mit zahlreichen, gut beschrieben Versuchen! Schwerpunkt Sek I und Sek II)*

Scheffer, F. & Schachtschabel, P. (1998) Lehrbuch der Bodenkunde. 14. Aufl., Enke, Stuttgart *(Lehrbuch auf universitärem Niveau)*

Schnitzler, H. (1997): Wechselbeziehungen im Lebensraum Moor. Köln (Aulis).

Slaby, Peter (1993) Wir erforschen den Boden. Verlag die Werkstatt, Göttingen / AOL-Verlag, Lichtenau *(sehr gelungenes Werk mit hoher Schulrelevanz! Vor allem aber für Sek I und Sek II)*

Spieler, Marko & Skiba, Frauke (2002) Allgegenwärtig: Fadenwürmer. in: Unterricht Biologie Heft 273/26.Jahrg., S. 38-42. *(Anspruchsvoller Artikel im Themenheft „Handlungsorientierung im Biologieunterricht“ für Sek I und Sek II)*

Stockmann, S. & Schallies, M. (1995): Phosphatbestimmung im Boden mit einem Minilabor. Praxis der Naturwissenschaften – Chemie, 44, H. 3, S. 25-30.

Walther, Ensslin & Krahn, Roland; Skupin, Stephan (2000) Böden untersuchen. Biologische Arbeitsbücher 52, Quelle und Meyer, Wiebelsheim *(Sehr schulrelevantes Buch, das speziell für den fächerübergreifenden Unterricht in Sek I und Sek II geschrieben wurde.)*

Wroz, W. (1997): Bodenvergiftung und Bodenversauerung. Geographie und Schule, H. 108 (8), S. 24-32.

1.2 KARTIERUNG, ÜBERSCHWEMMUNGSFLÄCHEN, SCHADSTOFF-BILANZEN

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Der Bestimmung und Bewertung eines Fließgewässers geht eine Beschreibung seines Einzugsgebietes voraus. Dabei sind Vegetation und Nutzung festzuhalten. Am günstigsten geschieht dies mittels einer skizzenhaften Karte. Ein Blick in alte Karten kann bei Straßennamen, Verlaufsänderungen und geänderten Nutzungsflächen ehemalige Bäche, Flussschlingen und -verläufe zeigen.

Der Informationsbogen „Biotop-Kartierung“ dient als Legende für eine derartige Handskizze. Je nach Gelände und Altersstufe kann die Legende abgewandelt, gekürzt oder vereinfacht werden. Oftmals empfiehlt sich eine zusätzliche Verwendung älteren Kartenmaterials. Eingriffe des Menschen werden deutlich, ebenso der Bedeutungswandel eines Gewässers bis hin zu zunächst absonderlich erscheinenden Beobachtungen, die erst verständlich werden, wenn man die Geschichte menschlicher Eingriffe erkundet hat (s. 1.9 Praxisbeispiele: Die unterirdische Fracht der Salza).

Wird genauer kartiert, bietet es sich an, Verlauf und Struktur des Gewässers zu analysieren, s. Kapitel 2 „Gewässerstruktur“, oder die Überschwemmungsflächen zu bestimmen. Die Bestimmung der Überschwemmungsflächen kann mit den Ergebnissen aus Kap. 2.2 „Bett, Ufer und Aue“ sowie Kap. 2.3 „Querprofil, Strömungsgeschwindigkeit und Abfluss“ kombiniert werden.

Für die Bestimmung von Überschwemmungsflächen benötigt man

- Flutmarken (Stöcke, Steine ...),
- Maßband,
- Kompass,
- kariertes Papier,
- Bleistift,
- Radiergummi.

Der Arbeitsbogen „Bestimmung von Überschwemmungsflächen“ dient als Anleitung.

Ein Kern der derzeitigen problematischen Situation wird getroffen, wenn die Wasseraufnahmekapazität mit den Abflussmengen verglichen wird. Zu deren Berechnung liegt ein Praxisbeispiel unter 2.6 „Nun auch in Mathematik: Hochwasser“ vor. Dabei wird u. a. gezeigt und vorgerechnet, in welcher Weise Beschleunigungen des Wasserabflusses die Schädigung der Böschung und der Ufervegetation bedingen.

Werden die Ergebnisse des Kap. 1.4 „Bodenchemische Analysen“, 2.3 „Querprofil, Strömungsgeschwindigkeit und Abfluss“ oder der chemisch-physikalischen Analyse der Wasserqualität (Kap. 3) hinzugezogen, können die ermittelten Größen der Einzugsgebiete der Bachläufe damit verrechnet und die jährliche Schadstofffracht bilanziert werden. Eine Anleitung mit einem fiktiven Beispiel gibt der folgende Arbeitsbogen „Die Ermittlung von Schadstoffbilanzen“.

Das Beispiel zeigt, dass solche Berechnungen oft erstaunliche und überraschende Ergebnisse liefern können, die helfen, die Quellen der Belastung ausfindig zu machen. Die Zahlen lassen sich auch sehr eindrucksvoll grafisch darstellen.

Für die Genauigkeit dieser Berechnungen sind Messwerte über einen längeren Zeitraum sinnvoll. Ideal wären monatliche Messungen über ein ganzes Jahr, vor allem deshalb, weil Schadstofftransporte im Gewässer von den Jahreszeiten und den Niederschlagsmengen abhängig sind. Vergleiche der Einzugsgebiete untereinander lassen sich aber auch mit Einzelwerten anstellen, wenn zum Zeitpunkt der Messungen in den Gebieten gleiche Bedingungen herrschen.

1. Baumbestandene Flächen

- natürliche und naturnahe baumbestandene Flächen
- **F** Forst
- **W** natürlicher und naturnaher Wald (+ Art)
- Geschlossene Gehölzgruppe
- **Fg** Feldgehölz (+ Art)
- **Pl** Plantage (+ Art)
- **Gb** Gebüsche (evt. + Art)
- Einzelbaum
- Einzelbaum, herausragend
- Einzelbaum, Naturdenkmal

Wald- und Baumarten (evt. + Alter)

- Laubbäume
- Nadelbäume
- **Mi** Mischwald
- **Br** Bruchwald
- **Na** Nadelwald
- **Ki** Kiefern
- **Fi** Fichten
- **La** Lärchen
- **Bu** Buchen
- **Ei** Eichen
- **Bi** Birken
- **Er** Erlen
- **Pa** Pappeln
- **Eb** Ebereschen
- **Ka** Kastanien
- **Wc** Wacholder
- **AmEi** Amerikanische Eichen

Beispiele:

- **WMi** *Mischwald*
- **WBrEr** *Erlenbruch*
- **FFI** *Fichtenforst*
- **FgKi** *Feldgehölz, vorw. Kiefern*

2. Offene Fläche

a) genutzt:

- bebaute Fläche
- **A** Acker
- **G** Grünland
- **Gi** Grünland, intensive Nutzung
- **Ge** Grünland, extensive Nutzung
- **BuWei** Buckelweide
- **WIA** Wildacker
- **Ga** gartenartige Nutzung
- Zaun

b) ungenutzt, natürlich oder naturnah:

- Brache (+ Zusatz)
- offene Flächen (+ Zusatz)
- Moor /Moorheide
- Sumpf/Niedermoor (+ Zusatz)
- **Gr** grasig/krautig
- **Ho** Hochstaudenflur
- **SH** Sandheide
- **KH** Kiefernheide
- **Tr** Trockenrasen
- **FH** Feuchtheide
- **Se** Seggenried
- **Rö** Röhricht
- **Ru** Ruderalfläche
- **Q** quellig

Beispiele:

- SH *Sandheide*
- Se *Seggenried*

3. Gewässer

- **W** Weiher
- **T** Teich
- **Tu** Tümpel
- Fließrichtung
- **QU** Quelle
- **Q** quelliges Areal
- Fließgewässer, natürlich
- **–G–** Graben, ökologisch wertvoll (besonders defizitäre erhalten Kennzeichnung)
- Röhricht
- Bach verkrautet
- Sandbank
- Gewässeraufweitung
- Steilufer
- Störsteine
- Sohlenbefestigung
- Uferbefestigung
- Böschungsbefestigung
- Sohlabsturz
- Sohlgleite
- Grundschwelle
- Wehr
- Sandfang
- Brücke
- Verrohrung/ Durchlass
- zufließender Bach/Graben
- Einleiter

4. Lineare Strukturen (Ränder, Säume, Wege u.a.)

- Weg/Straße
- Baumreihe
- wertvolle Randstreifen, im Wesentlichen Gras, Stauden, Brombeeren
- mit Gebüsch/Hecke
- mit Einzelbäumen
- Hw Hohlweg
- Randstreifen, ökologisch wertlos, da zu schmal
- Plattenweg
- Kopfsteinpflaster
- asphaltiert / betoniert
- Samtgemeindegrenze
- NSG-Grenze

5. Sonstiges

- (5) Hinweis auf Erläuterungen in der Legende
- **St** Steinhaufen, Findlinge
- **SG** Sandgrube
- **SGT** Sandgrube mit Wasser
- Ablagerungen: Müll, Schutt, organische Abfälle
- Si Silage
- Gü Gülleablagerungen
- XXXX Vorschlag zur Anlage von ca. 4-6 m breiten Wildwuchsstreifen (Hecken, Gebüschstreifen, Benjes-Hecken) zur Beseitigung von ökologischen Defiziten und zur Vernetzung.

Nach Tent, L.: Arbeitskreis Naturschutz in der Samtgemeinde Tostedt, und Prigge, S. (1997): Schulen für eine Lebendige Elbe, Hamburg (ZSU, Ifl)

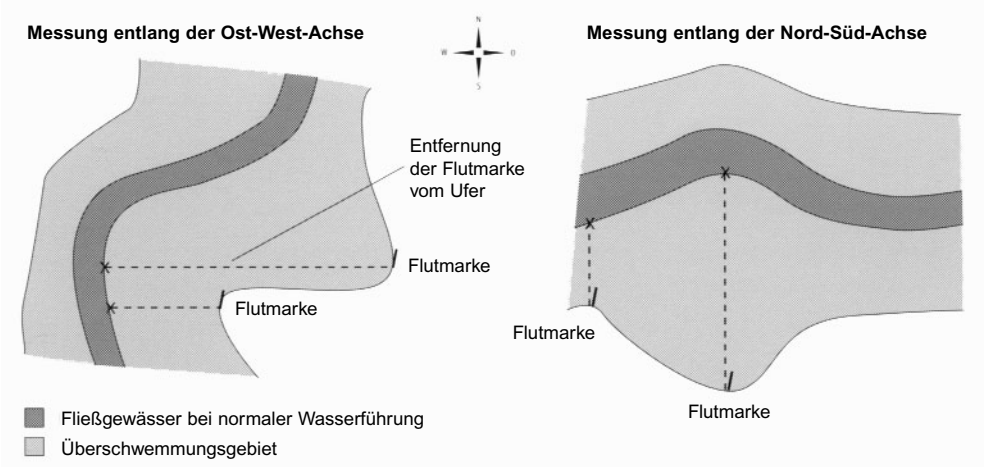
ARBEITSBOGEN 1.2.1
BESTIMMUNG VON ÜBERSCHWEMMUNGSFLÄCHEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

1. Schaut nach einem ergiebigen Regen, ob der Bach über die Ufer getreten ist. Verwendet dazu in den Bäumen, Sträuchern oder Zäunen verfangenes Material, z. B. Blätter, Äste, Schlammablagerungen, als Flutmarken. Ihr könnt das überflutete Gebiet auch mit Stöcken oder Steinen markieren.

2. Bestimmt nach Abfluss des Hochwassers die Entfernung der Flutmarken zum Ufer bei normaler Wasserführung mit euren Schritten. Die Schrittlänge bestimmt ihr, indem ihr zehn Schritte geht, die zurückgelegte Strecke messt und den Messwert durch zehn teilt.

   Messt immer entlang der Ost-West- bzw. Nord-Süd-Achse (Kompass). Wenn ihr das Ufer erreicht, markiert ihr diese Stelle in der Karte. Notiert euch die Entfernung der zu dieser Uferstelle gehörenden Flutmarke vom Ufer.



3. Rechnet die Entfernungen der Flutmarken vom Ufer um. Skizziert den Verlauf des Fließgewässers bei normalem Wasserstand und mit den Flutmarken auf kariertem Papier. Verwendet dazu einen einheitlichen Maßstab (zum Beispiel 1:100; 1 Meter entspricht 1 Zentimeter). Wenn ihr genügend Flutmarken eingezeichnet habt, erhaltet ihr die überflutete Fläche durch Verbinden der Flutmarken.

4. Wie groß ist die etwa dabei überschwemmte Fläche und wo liegt sie?

   Wie groß ist sie im Vergleich zum Normalwasserstand?

   Sind von der Überschwemmung Gewässerbenutzer, Anlieger oder Straßen betroffen?

5. Befragt Anwohner und Anlieger (z. B. Triebwerks- oder Mühlenbesitzer) über die in den letzten Jahren aufgetretenen Hochwasser.

Fragt auch nach, ob die Hochwasser in den letzten Jahren häufiger oder stärker aufgetreten sind. Welche Gebiete sind dabei überschwemmt worden?

Wieber, R., Schäfer, T. et al. (2000): Lernort Gewässer. München (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Staatsinstitut für Schulentwicklung und Bildungsforschung), S. 81.

DIE ERMITTLUNG VON SCHADSTOFFBILANZEN

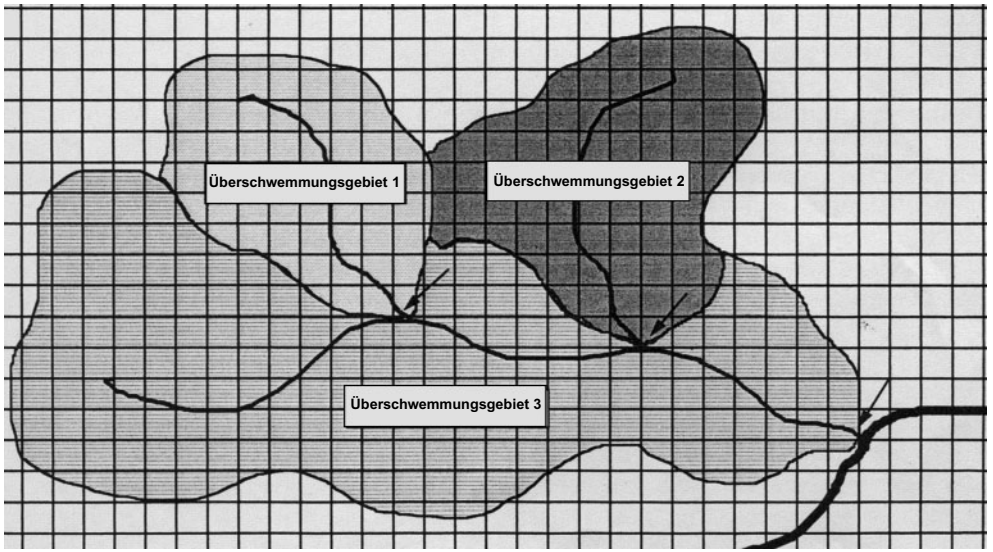
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Schadstoffbilanzen geben die Menge an Schadstoffen an, die in einem vorgegebenen Zeitraum im Wasser transportiert werden. Mit der hier vorgestellten Methode wird es möglich zu ermitteln, wie viel Schadstoffe zum Beispiel innerhalb eines Jahres „den Bach ‚runtergehen'" und aus welchen Flächen sie stammen. Damit können auch besonders belastete Gebiete eingegrenzt werden.

Vor der Ermittlung der Schadstoffbilanzen müssen zunächst die Flächen festgestellt werden, die der Bach oder der Fluss entwässert. Jedes Gewässer besitzt sein Einzugsgebiet, das von der Wasserscheide begrenzt wird. Diesseits der Wasserscheide speisen die Niederschläge das von uns untersuchte Gewässer, jenseits der Wasserscheide fließen die Niederschläge in ein anderes Flusssystem ab.

Am einfachsten lässt sich die Fläche des Einzugsgebietes anhand einer topographischen Karte ermitteln. Das Einzugsgebiet wird rund um das Gewässer begrenzt durch die Höhenlinien der Landschaft. Die umgebenden höchsten Erhebungen bilden die Wasserscheide und werden mit einer Linie markiert, bis das Einzugsgebiet komplett eingegrenzt ist. Auf die Karte kann man nun eine Transparentfolie legen, die ein Kästchenmuster aufweist (z. B. Millimeterpapier auf eine OH-Folie kopieren). Nun werden die Kästchen gezählt, die „im Einzugsgebiet" liegen. Angeschnittene Kästchen werden zusammengefasst. Aus der Anzahl der Kästchen berechnet man die Fläche des Einzugsgebietes.

Die Schadstoffe können am besten im Mündungsbereich zum nächst größeren Gewässer gemessen werden. In unserem Beispiel münden die Bäche B und C in den Fluss A. Die Messstellen sind mit Pfeilen gekennzeichnet.



1. Schritt: Die Größe der Einzugsgebiete feststellen

Nachdem die Einzugsgebiete auf der Karte durch die Markierung der Wasserscheiden begrenzt wurden, müssen die Kästchen ausgezählt werden. Bei einem Maßstab der Karte von 1:50.000 entspricht ein Quadrat von 1 cm Kantenlänge einer realen Fläche von 0.25 km^2.

In unserem Beispiel ergibt sich:

- Für das Einzugsgebiet A: 168 Kästchen = 42,0 km^2
- Für das Einzugsgebiet B: 52 Kästchen = 13,0 km^2
- Für das Einzugsgebiet C: 66 Kästchen = 16,5 km^2

Prigge, S. (1997): Schulen für eine Lebendige Elbe, Hamburg (ZSU, Ifl).

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

2. Schritt: Die jährlichen Abflussmengen

Die Quellen der Bäche sowie die Bach- und Flussläufe erhalten ihr Wasser aus den Niederschlägen. Für unsere Beispielrechnung nehmen wir als durchschnittliche Niederschlagsmenge 800 mm an, das entspricht 800 Liter pro Quadratmeter.
Der größere Teil der Niederschläge versickert und speist das Grundwasser, weitere Anteile werden von Pflanzen aufgenommen oder verdunsten. Die Gewässer erhalten etwa 45 % des Niederschlags, also rund 360 Liter pro Quadratmeter.

Meist wird es ausreichen, mit diesen Zahlen zu arbeiten. Genauere Angaben zu den jährlichen Niederschlagsmengen erhält man von den örtlichen Klimastationen.

Bei der Umrechnung beachten Sie bitte die Umrechnung von Quadratkilometer auf Quadratmeter ($42\ km^2 = 42 \times 10^6\ m^2$).

In unserem Beispiel ergibt sich als Jahresabfluss:

- Für das Einzugsgebiet A:
  $42{,}0 \times 360 \times 10^6$ = 15.120.000.000 Liter
- Für das Einzugsgebiet B:
  $13{,}0 \times 360 \times 10^6$ = 4.680.000.000 Liter
- Für das Einzugsgebiet C:
  $16{,}5 \times 360 \times 10^6$ = 5.940.000.000 Liter

3. Schritt: Die Ermittlung der Schadstoffbilanz:

Mit dem jährlichen Wasservolumen, das durch das Gewässer transportiert wird, können nun einfach Berechnungen über die Schadstoffmengen angestellt werden, die jährlich „den Bach ‚runtergehen'". Dabei können erstaunliche Zahlen zustande kommen, die zum Nachdenken, weiteren Recherchieren und zum Vergleichen Anlass geben. Unter Umständen lassen sich so auch besonders belastete Gebiete ausfindig machen.

Nehmen wir für unsere Beispielrechnung an, an den Messstellen A (Mündungsbereich des Flusses A) wurden im Durchschnitt 20mg/l Nitrat gemessen, an den Messstellen B und C 10 und 15 mg/l Nitrat. Zu beachten ist: Da der Fluss A ja die Bäche B und C aufnimmt, gibt die Messstelle A die Gesamtbelastung für die Einzugsgebiete von A, B und C wieder. Hier müssen daher die Jahresabflüsse aus den Einzugsgebieten A, B und C addiert werden. Für die Gesamtbelastung ergibt sich:

- Für die Einzugsgebiete A+B+C:
  20 x 514.800.000.000 mg = 514.800 kg
- Für das Einzugsgebiet B:
  10 x 4.680.000.000 mg = 4.680 kg
- Für das Einzugsgebiet C:
  15 x 5.940.000.000 mg = 8.910 kg

Der Wert für das Einzugsgebiet A berechnet sich aus der Differenz der Werte für das Gesamteinzugsgebiet minus den Werten für die Gebiete B und C: Es ergibt sich für das Einzugsgebiet A:

514.800 kg - (4.680 kg + 8.910 kg) = 501.210 kg

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Anders ausgedrückt: Die Fracht an Nitrat aus unserem Beispiel wäre für das Gesamt-Einzugsgebiet so groß, dass 13 Sattelschlepper notwendig wären, das Nitrat zu transportieren! Dabei ist dieses Beispiel nicht aus der Luft gegriffen, sondern orientiert sich an Messreihen in Hamburger Gewässern.

Aus der Fläche des Einzugsgebietes A gelangen also 10-mal mehr Stickstoffverbindungen in das Gewässer als aus der Fläche des Einzugsgebietes B! Es lohnt sich an dieser Stelle, einmal die Menge an Nitrat auf die Fläche der Einzugsgebiete zu beziehen:

- Einzugsgebiet A:
  501.210 kg : 42.0 km^2 = 11.934 kg/km^2 bzw. 12.0 g/m^2
- Einzugsgebiet B:
  4.680 kg : 13.0 km^2 = 360 kg/km^2 bzw. 0.36 g/m^2
- Einzugsgebiet C:
  8.910 kg : 16.5 km^2 = 540 kg/km^2 bzw. O.54 g/m^2

Die Flächenbelastung mit Nitrat im Einzugsbiet A ist demnach mehr als 30-mal so hoch wie die im Einzugsgebiet B und mehr als 20-mal so hoch wie im Gebiet C.
Für die Schadstoffbilanz sind also die Werte aus den Bächen B und C relativ unwichtig. Der Belastungsschwerpunkt muss im Gebiet A liegen.

Nun könnte das belastende Gebiet weiter eingegrenzt werden, indem das Einzugsgebiet A in kleinere Gebiete unterteilt wird. So lassen sich Flächen lokalisieren, die stärker zur Belastung beitragen als andere.

1.3 ANLEITUNGEN ZU DEN „GEOPHYSIKALISCHEN“ VERSUCHEN ZUR BODENANALYSE

KLAUS PRANKEL

Die Abgrenzung in die Versuchsgruppen „bodenchemisch“ und „geophysikalisch“ ist sicher etwas willkürlich und dient hier nur der Strukturierung in Gruppen ähnlicher Fragestellungen.

Bei den „bodenchemischen“ Versuchen geht es vor allem um die Frage der Inhaltsstoffe und chemischen Reaktionen. Bei der Gruppe der „geophysikalischen“ Versuche stehen die eher physikalischen Eigenschaften, wie Korngrößen, Dichte usw., im Vordergrund. Alle gemeinsam machen aber erst die Eigenschaften eines Bodens aus.

Bestimmung der Bodenart durch die Fingerprobe

Die Bodenart wird über die Zusammensetzung der verschiedenen Korngrößenfraktionen eines Bodens bestimmt (Arbeitsbögen 1.3.1 und 1.3.2).

Dabei unterscheidet man drei Fraktionen:

Sand	(Korndurchmesser	2,0 - 0,06 mm)
Schluff	(Korndurchmesser	0,006 - 0,02 mm)
Ton	(Korndurchmesser	< 0,02 mm)

Dabei fällt auf, dass es in der „Bodenterminologie“ den so beliebten „Lehm“ als Korngrößenfraktion nicht gibt! Lehm ist eine Mischung aus allen drei Fraktionen, mit ca. 40% Sand, ca. 40% Schluff und nur ca. 20% Ton.

Die Bodenart kann man auf verschiedene Art und Weise bestimmen. Eine sehr „unmittelbare“ Methode ist die Bestimmung durch die Fingerprobe, bei der die Zusammensetzung direkt „erspürt“ wird (Arbeitsbogen 1.3.1).

BESTIMMUNG DER BODENART MIT FINGERPROBE / METHODE

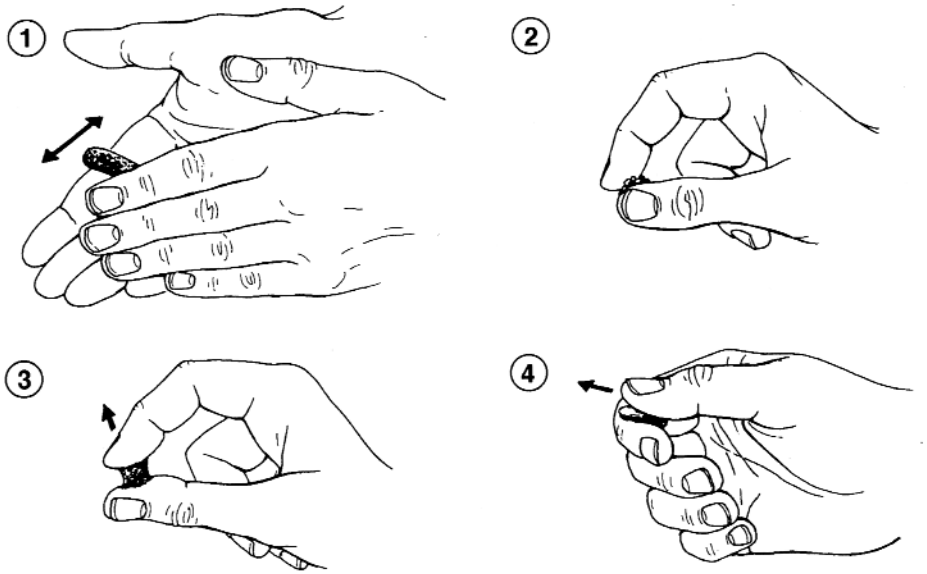
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Methode:

Die Körnung des Feinbodens (Partikel < 2 mm) – d. h. die Bodenart – wird im Gelände mit der Fingerprobe ermittelt. Zur Unterscheidung der Bodenarten dienen vor allem die Kriterien Formbarkeit, Körnigkeit, Bindigkeit und Glanz der Reibeflächen.

Material:

Wasser, Bohrstock



Durchführung:

Etwas Boden wird aus dem Mineralbodenhorizont (Tiefe ca. > 30 cm) entnommen, im Handteller leicht durchfeuchtet und solange geknetet, bis der Glanz von der Feuchtigkeit verschwindet. Damit wird eine „genormte“ Bodenfeuchtigkeit erreicht. Anschließend wird nach dem Bestimmungsschlüssel (Blatt 2) verfahren.

1. Formbarkeit: Prüfung, ob ein Boden beim Kneten zu beständigen Körpern geformt werden kann (z. B. zu einer bleistiftdicken Wurst).
2. Körnigkeit: Anteil der Körner, die beim Reiben zwischen den Fingern als Einzelkörner identifiziert werden können.
3. Bindigkeit/Klebrigkeit: Widerstand, den ein zwischen den Finger gepresstes Stück Boden dem Auseinanderweichen der Finger entgegensetzt.
4. Glanz der Reibeflächen: Eine kleine Bodenmenge wird zwischen zwei Fingern glatt gestrichen. Die Oberfläche kann beim Betrachten gegen das Licht glänzen.

Fehlerquellen:

Die Bestimmung der Bodenart ist bei höheren Gehalten an organischer Substanz schwierig, da diese die Bindigkeit und Formbarkeit erhöht. Daher vor allem bei Sanden je nach Humusgehalt 1 - 2 Körnungsklassen zurückstufen.

Aus: MEYER, J. *(1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 40*

BESTIMMUNG DER BODENART MIT FINGERPROBE / SCHLÜSSEL

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Diagnostische Merkmale	Bodenart
1. Versuche, die Probe zwischen den Handtellern schnell zu einer bleistiftdicken Wurst auszurollen.	
a. nicht ausrollbar: Gruppe der Sande	weiter bei 2
b. ausrollbar: Gruppe der sandigen Lehme, Lehme und Tone	weiter bei 4
2. Prüfen der Bindigkeit zwischen Daumen und Zeigefinger	
a. nicht bindig: Sande	weiter bei 3
b. bindig:	lehmiger Sand (lS)
3. Zerreiben auf der Handfläche	
a. in den Handlinien kein toniges Material sichtbar:	Sand (S)
b. in den Handlinien toniges Material sichtbar:	anlehmiger Sand (Sl)
4. Versuch, die Probe zu einer Wurst von halber Bleistiftstärke auszurollen	
a. nicht ausrollbar:	stark sandiger Lehm (SL)
b. ausrollbar: sandiger Lehm, Lehm oder Tone	weiter bei 5
5. Quetschen der Probe zwischen Daumen und Zeigefinger in Ohrnähe	
a. starkes Knirschen:	sandiger Lehm (sL)
b. kein oder schwaches Knirschen: Lehm oder Tone	weiter bei 6
6. Beurteilen der Gleitfläche bei der Quetschprobe	
a. Gleitfläche stumpf:	Lehm (L)
b. Gleitfläche glänzend: Tone	weiter bei 7
7. Prüfen zwischen den Zähnen	
a. Knirschen:	lehmiger Ton (LT)
b. butterartige Konsistenz:	Ton (T)

Aus: Meyer, J. (1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 41

Bestimmung der Bodenart durch die Schlämmanalyse

Eine weitere Methode ist die „Schlämmanalyse“, die sich die unterschiedlichen Sedimentationsgeschwindigkeiten der Korngrößenfraktionen eines Bodens im Wasser nach kräftigem Schütteln zu Nutze macht (Arbeitsbögen 1.3.2).

Die unterschiedlich großen Bodenbestandteile setzen sich unterschiedlich schnell ab. So sinkt Sand (mit den größten Körnern) am schnellsten ab und bildet am Boden des Standzylinders, in dem die Probe mit Wasser versetzt und geschüttelt wurde, eine deutlich abgegrenzte Schicht. Darüber lagert sich eine Schicht Schluff ab, der langsamer sedimentiert. Die Ablagerung von Tonpartikeln kann Tage dauern. Aus der Höhe der abgesetzten Schichten – in Bezug gesetzt zur Ausgangshöhe der Bodenprobe – lässt sich die Bodenzusammensetzung ermitteln.

BESTIMMUNG DER BODENART DURCH SCHLÄMMANALYSE / VORBEHANDLUNG

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Zur Erhöhung der Genauigkeit der Schlämmanalyse können Vorbehandlungen durchgeführt werden.

Organische Substanzen, Carbonate und Sesquioxide, die als Kittsubstanzen wirken und eine Aggregierung der Primärpartikel bewirken, werden entfernt, da dadurch größere Korngrößen (Sekundärpartikel) als tatsächlich vorhanden vorgetäuscht werden. Dazu geht man, ausgehend von einer Probenmenge von 5-20 g Feinerde, folgendermaßen vor:

1. Zur Oxidation der organischen Substanzen H_20_2 zur Bodenprobe geben. Umrühren, bis es nicht mehr schäumt, und aufkochen, um überschüssiges H_20_2 zu entfernen.
2. Um Carbonate und Sesquioxide zu entfernen, erfolgt eine Säurebehandlung mit 32 % HCl. Nach Absetzen der Bodenpartikel die überstehende Lösung absaugen.
3. Zur Entfernung überschüssiger Elektrolyte Zugabe von 100 ml Aqua dest. und ebenfalls absaugen.
4. Zur vollständigen Dispergierung entweder Proben mit 10 ml 0,5 m $NaP0_4$ und etwa 150 ml dest. Wasser 2 Stunden in Schüttelflaschen schütteln
   oder Proben in eine Plastikflasche geben (500 ml), halb mit dest. Wasser auffüllen, 25 ml 4% Calgonlösung (40 g/l) hinzugeben und kräftig schütteln (nach JUNG/GEBHARDT 1978)
   oder Proben mit 125 ml 0,4 n $Na_4P_20_7$-Lösung einige Minuten aufkochen.
   Bei allen Verfahren überschüssige Lösung anschließend absaugen.

Methodische Fehlerquellen:

Die Hauptbodenarten Sand, Schluff, Ton können mit dieser Art der Schlämmanalyse gut ermittelt werden. Inwieweit die Nebenbezeichnung (sandig, schluffig, tonig) hinreichend genau erfasst wird, hängt stark von der jeweiligen Bodenart, dem Humusgehalt und Kalkgehalt ab. Deshalb muss der Versuch in jedem Falle vor dem Einsatz im Unterricht vom Lehrer erprobt werden. Durch die verschiedenen Vorbehandlungen kann die Genauigkeit der Ergebnisse gesteigert werden.

Ein gewisser Fehler kann sich dadurch ergeben, dass sich die Bodenart definitionsgemäß auf Gewichtsprozente bezieht, dieses Verfahren zur Schlämmanalyse jedoch mit Volumenprozenten arbeitet.

Aus: MEYER, J. (1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 42

BESTIMMUNG DER BODENART DURCH SCHLÄMMANALYSE / DURCHFÜHRUNG

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

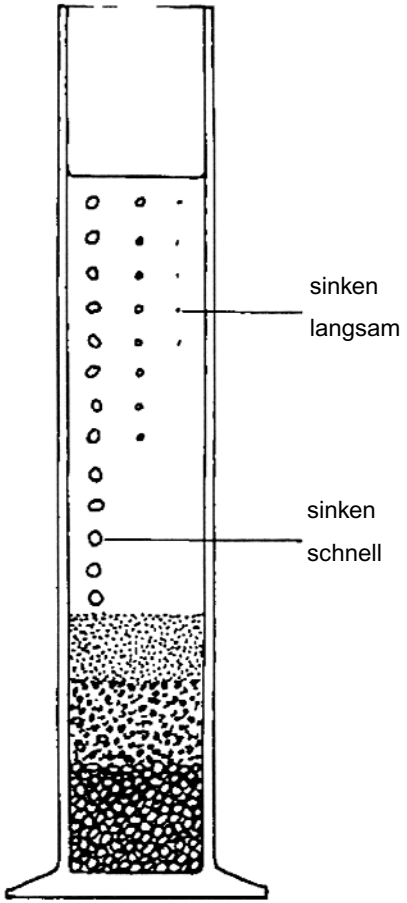
Methode:

Die Schlämmanalyse zur Bestimmung der Bodenart (d. h. Korngrößenverteilung im Boden) beruht darauf, dass große Mineralpartikel (Sand) in einer Flüssigkeit schneller zu Boden sinken als leichte (Ton).

Misst man die Menge der jeweils in einer bestimmten Zeit abgesunkenen Partikel und errechnet ihren prozentualen Anteil an der Bodenprobe, so lässt sich mit Hilfe des Korngrößendreiecks die Bodenart bestimmen.

Geräte/Material:

- Stoppuhr,
- Bodenproben,
- dest. Wasser,
- Glasgefäß (ca. 10 cm Höhe, 1,5 cm Durchmesser) mit flachem Boden. Geeignet sind Schnappdeckelgläser, kleine Standzylinder oder auch kurze Reagenzgläser mit flachem Boden (aus normalen durch Glühen und Aufstoßen herstellbar).



Durchführung:

An Glasgefäße in 8 cm Höhe eine Markierung anbringen. Die Bodenprobe wird bis ca. 3 cm eingefüllt, wobei das Glas mehrmals in die Handfläche gestaucht wird. Anschließend wird vorsichtig bis 8 cm mit Wasser aufgefüllt, ohne Boden aufzuwirbeln. Dabei nimmt der Boden durch Quellung an Volumen zu. Daher wird die Einfüllhöhe des Bodens nun notiert.

Das Gefäß wird kräftig geschüttelt. Nach vollendeter Verteilung des Bodens im Wasser (Aufschlämmung) wird das Gefäß plötzlich in senkrechter Stellung ruhig gehalten, auf den Tisch gestellt und vorsichtig um die Gefäßachse gedreht. (Dadurch erkennt man besser die Trennlinie zwischen abgesetzten und noch schwebenden Teilchen.)

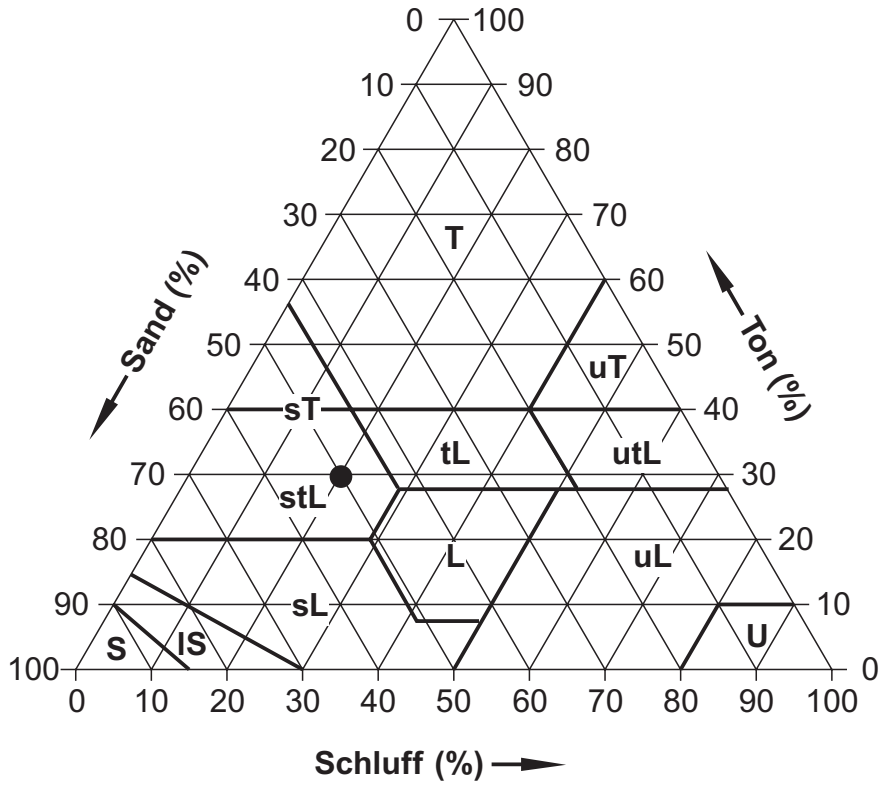
Im Moment des Ruhighaltens wird die Stoppuhr gestartet. Im Zeitintervall von 8 Sek. setzen sich die Sandpartikel ab, deren Schichthöhe gemessen bzw. mit einem Strich markiert wird. Nach 3 Min. haben sich die Schluffpartikel abgesetzt, deren Schichthöhe ebenfalls notiert wird. Die Absetzzeit der Tonpartikel kann bis zu Tagen dauern, so dass diese aus der Differenz zur Einfüllhöhe ca. 3 cm bestimmt wird.

Der Versuch sollte mehrmals durchgeführt werden und Mittelwerte sollten bestimmt werden.

Aus: Meyer, J. (1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 43

BESTIMMUNG DER BODENART DURCH SCHLÄMMANALYSE / KORNGRÖSSENDREIECK

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe



Dreiecksdiagramm der Körnungsklassen

(S = Sand, s = sandig, U = Schluff, u = schluffig, L = Lehm, l = lehmig, T = Ton, t = tonig)

Beispiel: Der Punkt ● entspricht einem Gehalt des Bodens an der Fraktion Sand = 50%, Schluff = 20% und Ton = 30%

Ergebnis:

Probe A: .....

Probe B: .....

Auswertung:

Ausgehend von der Einfüllhöhe ca. 3 cm lassen sich nun die prozentualen Anteile der jeweiligen Sand-, Schluff- und Tonpartikel errechnen.

Korngößen	Korndurchmesser	Absetzzeit	mm	%
Sand	2,0 - 0,06 mm	8 sec		
Schluff	0,06 - 0,002 mm	3 min		
Ton	< 0,002 mm	30 min		

Mit Hilfe des Korngrößendreiecks kann nun über die ermittelten prozentualen Anteile von Sand-, Schluff-, und Tonpartikeln die Bodenart bestimmt werden.

Bodenart: .....

Aus: MEYER, J. (1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 44, verändert.

Bestimmung der Bodendichte

Die Bodendichte ergibt sich aus dem Verhältnis von Volumen und Gewicht eines Bodens. Dies ist abhängig von der Partikelgröße der Bodenbestandteile und dem Porenvolumen zwischen den Partikeln (Arbeitsbogen 1.3.3). Je „verdichteter“ ein Boden ist, desto geringer ist sein Porenvolumen, desto dichter sitzen die Partikel aneinander und desto weniger Wasser kann er speichern, da dieses ja in den Poren gespeichert wird. Boden mit einer hohen Dichte führt zu einem hohen Abfluss des Oberflächenwassers (z. B. nach Regen), das dann nicht versickern kann und somit auch den Pflanzen nicht zur Verfügung steht. Gleichzeitig führt dieser starke Abfluss von Oberflächenwasser zu vermehrten Erosionserscheinungen.

BESTIMMUNG DER BODENDICHTE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material:

- frische Bodenprobe
- 100-ml-Messzylinder
- kleine Schaufel oder Esslöffel
- Waage

Versuchsdurchführung:

Die Bodendichte ist wie folgt zu bestimmen:

1. Gewicht des leeren Messzylinders bestimmen.
2. Den Messzylinder bis zur 100-ml-Markierung mit der Bodenprobe auffüllen. (Fremdkörper wie Steine, Pflanzenteile, Metallteile usw. vorher entfernen!) Durch mehrmaliges Aufstauchen auf einem festen Untergrund die durch das Auffüllen entstandenen Hohlräume im Messzylinder auffüllen und ggf. Boden bis zur 100-ml-Markierung nachfüllen.
3. Gewicht des gefüllten Messzylinders auswiegen.
4. Differenz der beiden Messergebnisse bilden.
   Voller Messzylinder - leerer Messzylinder = Gewicht von 100 ml Bodenprobe
5. Bodendichte = Gewicht von 100 ml Bodenprobe / Volumen der Bodenprobe

Nach Macherey-Nagel (o.J.) Bodenkoffer-Arbeitsbuch

Bestimmung der Bodenfeuchte

Den aktuellen Bodenwassergehalt einer Probe erhält man durch die Bestimmung der Differenz zwischen der frischen Bodenprobe und einer getrockneten Bodenprobe (Arbeitsbogen 1.3.4). Die Gewichtsdifferenz ist direkt die Menge an Wasser, die durch Trocknung verloren ging.

Man trocknet den Boden bei 105°C. Bei höheren Temperaturen kann man noch mehr Wasser aus der Probe treiben, dieser Anteil gehört aber zu den festen Bodenpartikeln (Konstitutions- bzw. Kristallwasser) und wird nicht zum Bodenwasser gezählt (SCHEFFER, SCHACHTSCHABEL S. 183).

BESTIMMUNG DER BODENFEUCHTE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material

- 200 g frische Bodenprobe
- saugfähige Unterlage etwa DIN A4 (z. B. Pappe oder starkes Papier)
- kleine Schaufel oder Esslöffel
- Waage
- Trockenschrank oder Backofen

Versuchsdurchführung

Die Bodenfeuchte ist wie folgt zu bestimmen:

1. 200 g frische Bodenprobe auswiegen (Fremdkörper, wie Steine, Pflanzenteile, Metallteile usw., vorher entfernen!)

2. Die 200 g Boden auf der Unterlage gleichmäßig verteilen (Klumpen zerdrücken) und im Trockenschrank oder Backofen bei 105 °C trocknen. (Sollten weder ein Trockenschrank noch ein Backofen zur Verfügung stehen, kann man die Probe auch in einem trockenen Ort etwa 24 h trocknen lassen. Der hierbei auftretende Fehler ist abhängig von der Feuchte der Raumluft!)

3. Den trockenen Boden erneut wiegen.
   (Achtung! Unterlage nicht mitwiegen bzw. Gewicht nach dem Wiegen abziehen!)

4. Berechnung der Bodenfeuchte:

$$\frac{\text{Einwaage frisch - Einwaage trocken}}{\text{Einwaage frisch}} \times 100 = \text{Bodenfeuchte in \%}$$

Nach Macherey-Nagel (o.J.) Bodenkoffer-Arbeitsbuch

Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit

Die Wasserdurchlässigkeit eines Bodens hängt eng mit der Dichte des Bodens zusammen. Je höher die Dichte ist, desto langsamer versickert das Wasser bzw. desto mehr Wasser fließt oberflächlich ab.

Die einfachste und unmittelbar anschaulichste Methode – auch schon im Grundschulbereich – ist der Vergleich der Zeiten, die z. B. 1 l Wasser braucht, bis er auf einer definierten Fläche versickert ist (Arbeitsbogen 1.3.5).

In der einschlägigen Literatur wird empfohlen, eine Konservendose, bei der man beide „Böden“ entfernt hat, einige Zentimeter in den Boden zu drücken, etwas Verbandmull o.ä. auf den zu untersuchenden Boden in der Dose zu legen, 1 l Wasser hinein zu gießen und die Zeit zu stoppen, bis dieser versickert ist. Die Unterschiede sind z. T. erheblich!

Die Funktion des Mulls ist es, ein Aufschlämmen des Bodens durch das Eingießen des Wassers zu verhindern, was die Werte eventuell verändern würde. Ist kein Mull zur Hand, so lässt sich der Versuch eindrucksvoll auch ohne diesen durchführen. Der Fehler ist hier zu vernachlässigen.

Achtung!

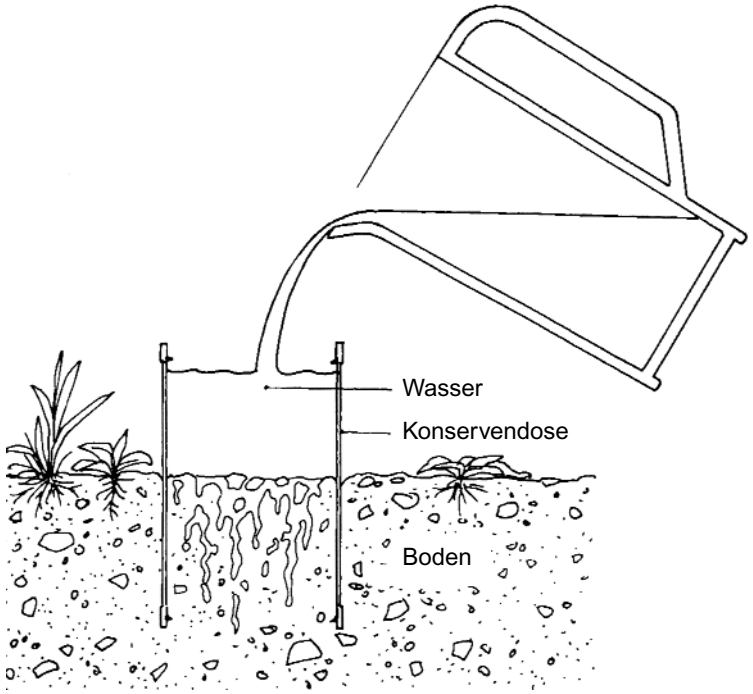
Hier erweist sich bei stark verdichteten Wegen (z. B. Gehweg, Parkplatz) die Stabilität der Dose als Problem. Man kann sie mitunter nicht tief genug in den Boden drücken, so dass das Wasser an den Seiten entweicht. Hier hat sich der Einsatz von Plastik-Abflussrohr-Abschnitten mit einem Durchmesser von 10 cm bewährt. Solche Rohre erhält man in Baumärkten. Man muss sie sich lediglich in entsprechende Stücke (ca. 15 cm) zurechtsägen.

BESTIMMUNG DER WASSERDURCHLÄSSIGKEIT

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material

- 1-l-Becherglas (oder anderer Messbecher)
- Konservendose ohne Böden (oder Plastikrohrabschnitt Ø ca. 10 cm, Höhe ca. 15 cm)
- Stoppuhr
- Wasser
- Verbandmull oder Strumpfhosenabschnitt



Versuchsdurchführung:

Die Wasserdurchlässigkeit ist wie folgt zu bestimmen:

1. Streuschicht entfernen bzw. auf Wiesen oder Grasflächen die Pflanzen kurz schneiden.
2. Die Dose (den Plastikrohrabschnitt) einige cm in den Boden drücken.
3. Auf den Boden in der Dose den Mull legen.
4. 1 l Wasser gleichmäßig in die Dose gießen und sofort beginnen, die Zeit zu stoppen. (Sollte nicht alles hinein passen, nachgießen, bevor alles versickert ist!)
5. Stoppuhr anhalten, wenn alles versickert ist.
6. Durchflussmenge pro Stunde berechnen.

Nach: MEYER, J. (1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 46

Bestimmung der Wasserkapazität und der Wasserdurchlaufgeschwindigkeit

Die Wasserkapazität ist ein Maß für die Fähigkeit eines Bodens, Wasser zu halten. Dabei wird untersucht, wie viel Wasser ein getrockneter Boden aufnehmen kann, bis er gesättigt ist (Arbeitsbogen 1.3.6).

In der Literatur wird dieser Wert auch als Feldkapazität bezeichnet. Der Unterschied der beiden Bezeichnungen liegt lediglich darin, dass der Begriff „Wasserkapazität“ für das Wasserhaltevermögen eines bestimmten Substrats benutzt wird (z. B. Blumenerde), während „Feldkapazität“ für „natürliche“ Böden benutzt wird (Scheffer & Schachtschabel S. 203). Wegen der höheren Anschaulichkeit des Begriffs „Wasserkapazität“ empfiehlt sich seine Benutzung für den schulischen Bereich für jede Bodenart.

Die Feld- (bzw. Wasser-)kapazität hängt u. a. von der Profiltiefe des Bodens, dem Gefüge, dem Gehalt an organischen Substanzen und der Abfolge der Bodenhorizonte ab (a.a.O. S. 203).

Die Wasserdurchlaufgeschwindigkeit gibt an, wie schnell Wasser durch einen mit Wasser gesättigten Boden hindurch fließt. Da die Bestimmung der Wasserdurchlaufgeschwindigkeit auf der Ermittlung der Wasserkapazität aufbaut, werden beide Verfahren hier gemeinsam abgehandelt.

UNTERSUCHUNG DER WASSERKAPAZITÄT UND WASSERDURCHLAUF-GESCHWINDIGKEIT

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Methode:

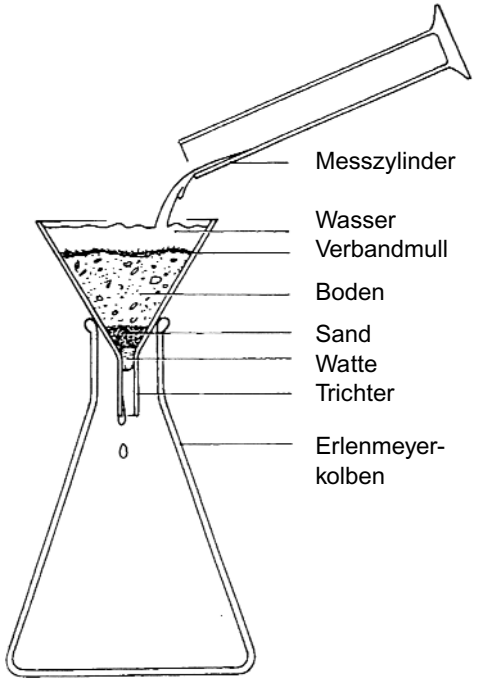
Die Wasserkapazität kann bestimmt werden, indem ein Boden mit Wasser gesättigt wird und die im Boden gespeicherte Wassermenge bestimmt wird. Die Wasserdurchlaufgeschwindigkeit ergibt sich als durchgeflossene Wassermenge pro Zeiteinheit.

Geräte/Material:

- Bodenproben verschiedener Bodenart und verschiedenen Humusgehalts,
- Erlenmeyer,
- Trichter mit kleinem Hals,
- Messzylinder,
- Watte,
- Grobsand,
- Stoppuhr,
- Wasser,
- Verbandmull,
- Waage

Durchführung:

In die Abflussöffnung des Trichters wird ein wenig Watte gelegt. Es sollte nur soviel Watte verwendet werden, um ein Durchrutschen des Bodens zu vermeiden.
Der ungehinderte Wasserdurchlauf muss noch gesichert sein. Auf die Watte wird ein Löffel Sand geschichtet.



Dieser verhindert, dass sich die Watte mit feinem Bodenmaterial zusetzt. Watte und Sand werden befeuchtet, und der ungehinderte Wasserabfluss wird geprüft.

In den so vorbereiteten Trichter werden 30 g luftgetrockneter Boden gegeben. Auf den Boden wird ein kleines zurechtgeschnittenes, angefeuchtetes Stück Verbandmull gelegt, das ein Verschlämmen des Bodens beim Wasseraufgießen verhindert.

Auf die jeweilige Bodenprobe werden nun 30 ml Wasser gegeben. Das durchfließende Wasser wird im Erlenmeyer oder direkt im Standzylinder aufgefangen. Ist das Wasser durchgelaufen, geben Sie die im Erlenmeyer aufgefangene Wassermenge nochmals auf die Bodenprobe. Dies kann mehrmals wiederholt werden, bis der Boden voll mit Wasser gesättigt ist.

Beim zweiten oder dritten Wasserdurchlauf nehmen Sie die Anzahl der Tropfen pro Minute (bzw. 4 x 15 Sekunden) auf (= Tropfgeschwindigkeit).

Auswertung:

Ist das Wasser vollständig durchgelaufen, bestimmen Sie aus dem verbliebenen Wasser die Wassermenge, die der Boden aufgenommen hat.

$$\text{Wasserkap. (Gew.\%)} = \frac{\text{aufgen. Wassermenge} \quad .....(\text{ml}) \quad \times 100}{\text{Bodengewicht} \quad .....(\text{g})}$$

Die Wasserdurchlaufgeschwindigkeit ergibt sich direkt aus der Zahl der Tropfen pro Minute.

Aus: MEYER, J. (1996) Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 45

1.4 ANLEITUNGEN ZU DEN „BODENCHEMISCHEN“ VERSUCHEN ZUR BODENANALYSE

KLAUS PRANKEL

Die „bodenchemischen“ Versuche gestalten sich z. T. sehr einfach (z. B. Humusgehalt, pH, Kalkgehalt), haben aber im Bereich der genaueren Stoffnachweise (z. B. Ammonium, Nitrit, Nitrat, Phosphat) z. T. ihre Tücken, die sich im Bereich der Süßwasseranalytik in der Regel so nicht stellen. Hier ergeben sich vor allem folgende Probleme, die aber durch geeignete Methoden auch relativ einfach umschifft werden können:

- Die Stoffe sind (zunächst) nicht in wässriger Lösung und müssen daher erst mit definierten Verfahren aus dem Boden extrahiert werden, damit sie einer Konzentrationsbestimmung zugänglich gemacht werden können.
- Kolorimetrische und fotometrische Auswertungen sind z. T. durch starke Färbungen der Bodenextrakte, z. B. durch Huminsäuren, beeinträchtigt.

Bei der Bestimmung des pH-Wertes und den Versuchen zur Bestimmung des Nitrit- bzw. Nitrat- sowie des Ammoniumgehalts umgeht man die hier dargestellten Schwierigkeiten durch den Einsatz von Indikatorteststäbchen. Diese sind preisgünstig und einfach zu handhaben. Die Genauigkeit der ermittelten Konzentrationen reicht für den schulischen Bereich in der Regel aus. Andere Verfahren, die zu präziseren Aussagen kommen, sprengen häufig den schulischen Rahmen aus Kosten- oder Zeitgründen und wären vor allem im Chemieunterricht der Oberstufe anzusiedeln.

Achtung:
Die Extraktion in destilliertem Wasser, so wie in den hier dargestellten Versuchen vorgeschlagen, führt zu etwas anderen Messergebnissen als die Verfahren, die mit dem Bodenanalysekoffer durchgeführt werden. Im Koffer werden die Stoffe mittels einer 0,0125 molaren Calciumchloridlösung ($CaCl_2$) extrahiert! Dies ist ein gängiges Verfahren. Man gibt bei den ermittelten Werten dann jeweils an, ob sie in H_2O oder in einer $CaCl_2$-Lösung ermittelt wurden. Man kann selbstverständlich auch bei den Versuchen auf den Arbeitsbögen mit $CaCl_2$ arbeiten.

Schadstoffbilanz

Die Stoffnachweise erscheinen im Zusammenhang mit der Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Boden und Gewässer besonders interessant, sollte man doch annehmen, dass nährstoffreiche Böden zur Eutrophierung der Gewässer im Einzugsgebiet wesentlich beitragen.

Die gemessenen Konzentrationen können mit den ermittelten Einzugsgebieten der Gewässer verrechnet und so die Schadstofffrachten bilanziert werden (s. Abschnitt 1.2).

Trennung von organischem und anorganischem Material

Mit einem ganz einfachen Versuch lassen sich die organischen und die anorganischen Bestandteile eines Bodens trennen. Damit kann man auch Grundschülern verdeutlichen, wie unterschiedlich verschiedene Böden zusammengesetzt sind. Der organische Anteil eines Boden ist wichtig für die „Bodenfruchtbarkeit“. Durch die Tätigkeit der Destruenten wird das organische Material in für die Pflanzen notwendige Nährstoffe zersetzt. Ein hoher Anteil an organischem Material ist daher ein erstes Indiz für einen fruchtbaren Boden.

Die Trennung wird mit dem „Alauntest“ vollzogen (Arbeitsbogen 1.4.1). Hierbei wird eine Bodenprobe z. B. in einem Marmeladenglas mit einer wässrigen Alaunlösung aufgeschwämmt. Kalium-Aluminiumsulfat, Gebrauchsname Alaun ($K \cdot Al(SO_4)_2 \cdot 12\ H_2O$), erhält man als „Cent-Artikel“ in der Apotheke!). Die organischen Bestandteile schwimmen nach dem Stehenlassen der Probe an der Lösungsoberfläche, die anorganischen setzen sich am Boden ab. Es empfiehlt sich hier zur Verdeutlichung zunächst verschiedene Böden gleichzeitig zu messen – z. B. aus einem Blumenbeet und von einer Ruderalfläche, um die Unterschiede deutlich zu machen.

TRENNUNG ORGANISCHER UND ANORGANISCHER BODENBESTANDTEILE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material:

- Alaun (100 - 200 g)
- Löffel/Schippe
- Schüttelgefäß mit Verschluss (z. B. Marmeladenglas; Glas für Babynahrung)

Versuchsdurchführung:

Mittels des Alauntests werden organische und anorganische Bestandteile einer Bodenprobe getrennt. Hierzu verfährt man wie folgt:

1. Glas zu einem Viertel mit der Bodenprobe füllen.
2. Einen großen Löffel Alaun hinzugeben.
3. Glas mit Wasser auffüllen.
4. Glas mit Schraubverschluss (oder der Hand) gut verschließen und kräftig schütteln.
5. Glas abstellen und ca. 1 Minute warten, bis sich die Bodenbestandteile abgesetzt haben. Dabei das Glas nicht bewegen!

Die Auswertung ist relativ einfach, schwimmende Bodenanteile sind organisches Material, abgesunkene Teile sind mineralisch.

Durch Vergleich verschiedener Standorte lassen sich so erste Aussagen über die Bodenqualität anstellen.

Nach Kuhn, K., Probst, W. & Schilke, K. (1986). Biologie im Freien. Hannover (Metzler), S.190

Bestimmung des Humusgehalts

Nach dem halbquantitativen Alauntest bietet die Bestimmung des Humusgehalts einen quantitativen Wert für den Gehalt einer Bodenprobe an organischem Material (Arbeitsbogen 1.4.2). Man nutzt dabei aus, dass die organischen Bestandteile durch Verglühen vollständig oxidiert werden und dann als Gas entweichen. Der Gewichtsverlust in Prozent des Ausgangsgewichts ist ein Maß für den Gehalt des Bodens an Humus. Stark humose Böden haben einen Humusgehalt von bis zu 8 % des Trockengewichts. In Moorböden kann der Wert noch erheblich darüber liegen!

BESTIMMUNG DES HUMUSGEHALTS DURCH GLÜHVERLUST

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Methode:

Das Prinzip dieser Methode beruht darauf, dass Humus bei hohen Temperaturen verbrennt. Wiegt man die Bodenprobe vor und nach der Verbrennung, kann man den Gewichtsverlust in Prozent ermitteln. Dieser Gewichtsverlust entspricht dem Humusgehalt.

Geräte/Material:

- Bunsenbrenner
- Spatel
- Waage
- Dreifuß
- Porzellantiegel
- Tondreieck

Durchführung:

Ca. 5 g der Bodenprobe aus dem Oberboden muss zunächst im Backofen / Trockenschrank bei 105°C zwei bis drei Stunden getrocknet werden. Wird der Glühverlust nicht gleich bestimmt, muss die getrocknete Bodenprobe in einem luftdichten Gefäß aufbewahrt werden.

Zur Bestimmung des Glühverlustes werden ca. 5 g der getrockneten Bodenprobe abgewogen und in den Porzellantiegel eingefüllt. Anschließend wird der Tiegel zunächst langsam, nach ca. 2 Minuten so stark wie möglich erhitzt. (Der Boden des Porzellantiegels sollte glühen.) Während des Erhitzens die Bodenprobe ab und zu vorsichtig umrühren, so dass der gesamte Boden durchglüht wird.

Der Boden nimmt zunächst eine schwärzliche Farbe, nach längerem Erhitzen eine rötliche bis aschgraue Farbe an. Nach ca. 10 Minuten das Glühen beenden und die Probe etwas abkühlen lassen. Anschließend wird die Probe gewogen, jedoch nicht im heißen Tiegel, da dieser durch das Erhitzen sein Gewicht verändert hat, und der Gewichtsverlust bestimmt.

Auswertung:

	Probe vor dem Glühen:	.....g
-	Probe nach dem Glühen:	.....g
	Gewichtsverlust:	.....g

Der Humusgehalt in % ergibt sich:

$$\text{Humus \%} = \frac{\text{Gewichtsverlust} \quad ..... \text{ (g)} \times 100 \text{ (\%)}}{\text{Probe vor dem Glühen} \quad ..... \text{ (g)}} = ...\%$$

Bewertung entsprechend der Tabelle unten: _____

Bewertung von Böden nach Humusgehalt

Humusgehalt	Bezeichnung
1%	sehr schwach humos
1 - 2%	schwach humos
2 - 4%	humos
4 - 8%	stark humos

Aus: Meyer, J. (1996). Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend, und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 47.

Bestimmung des Kalkgehalts

Grundlage des Kalknachweises ist die Reaktion des Kalks ($CaCO_3$) mit Salzsäure (HCl) zu Calciumchlorid ($CaCl_2$), Wasser und Kohlenstoffdioxid (CO_2), das als Gas entweicht. Je mehr Kalk im Boden ist, desto mehr CO_2 wird gebildet und entweicht. Dieses Entweichen ist als Aufbrausen in der Bodenprobe zu beobachten, wenn man Salzsäure hinauf träufelt (Arbeitsbogen 1.4.3).

Mit Kalk, der den Böden in der Land- und Forstwirtschaft, aber ebenso im gärtnerischen Bereich auch künstlich zugeführt wird, lässt sich der pH-Wert des Bodens regulieren, indem die Versauerung neutralisiert werden kann. Die negativen Folgen eines sauren Boden-pH-Wertes können so wieder rückgängig gemacht werden.

BESTIMMUNG DES KALKGEHALTS

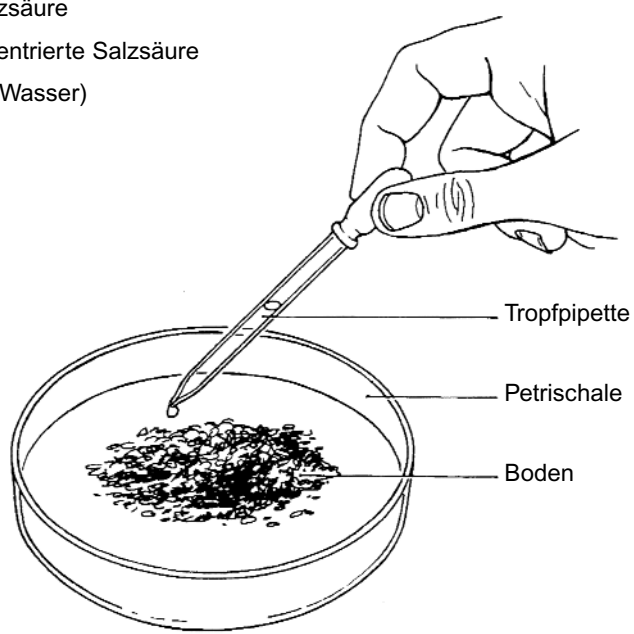
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Methode:

Boden des jeweiligen Horizonts mit HCl bespritzen und eine mögliche CO_2 - Entwicklung in Form mehr oder weniger starker Bläschenbildung beobachten. Salzsäure als starke Säure verdrängt die schwächere Kohlensäure aus ihrem Salz. Kohlensäure zerfällt in Wasser und in das entweichende Kohlenstoffdioxid.

Geräte:

- Schälchen, z. B. Uhrglas oder Petrischale
- Pipette
- 10%ige Salzsäure
  (1 Teil konzentrierte Salzsäure
  und 3 Teile Wasser)



Durchführung:

Eine kleine Menge Boden (etwa ein Teelöffel) in eine Schale geben. Mit einer Pipette einige ml verdünnter Salzsäure darauf tropfen.

Auswertung:

Reaktion	Kalkgehalt	Beurteilung
kein Aufbrausen	unter 1%	kalkarm
schwaches, kurzes Aufbrausen	1 - 3%	schwach kalkhaltig
deutliches, vergängl. Aufbrausen	3 - 5%	kalkhaltig
starkes, anhaltendes Aufbrausen	über 5%	stark kalkhaltig

Bewertung:

Kalk reguliert den pH-Wert des Bodens.
Kalk verbessert die Bodenstruktur.
Kalk fördert das Bodenleben.

Aus: MEYER, J. (1996). Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend, und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 49

Bestimmung des pH-Werts

Der pH-Wert hat einen großen Einfluss auf die Vorgänge im Boden (Arbeitsbogen 1.4.4).

Bei einem neutralen bis schwach sauren pH-Wert (pH 7 - 6,5) verlaufen die Abbauprozesse im Boden gut, da diese Bedingungen für die meisten Bodenlebewesen optimal sind. Die Feinwurzeln der Bäume können sich gut entwickeln und verbessern dadurch die Nährstoffaufnahme.

Ist der Boden sauer (pH < 6,5), lösen sich vermehrt giftige Aluminium-Ionen aus dem Boden, die wiederum die Mykorrhiza-Pilze schädigen, die symbiotisch mit den Wurzeln der meisten Landpflanzen – mit einigen (z. B. der Kiefer) sogar obligatorisch – zusammenleben und die Nährstoffaufnahme der Pflanzen stark verbessern. Auch gehen mit abnehmendem pH-Wert (zunehmender Versauerung) vermehrt Schwermetall-Ionen aus dem Boden in Lösung und können so von den Pflanzen aufgenommen werden. Sie können so in die Nahrungskette gelangen!

Beachten Sie bitte den Kasten „Achtung“ am Beginn dieses Kapitels (1.4) – Extraktion in Aqua dest. oder in $CaCl_2$-Lösung möglich!

Eine weitere einfache Möglichkeit der Bestimmung des Boden-pH-Wertes ergibt sich durch den Einsatz eines „Hellige pH-Meters“, das man auch in Gartencentern erstehen kann. Hier wird eine kleine Bodenprobe auf eine mitgelieferte Plastikform gegeben und mit der ebenfalls mitgelieferten Indikatorlösung beträufelt. Nach einer bestimmten Einwirkzeit wird durch Farbvergleich der pH-Wert abgelesen. Eine weitere Extraktion ist nicht notwendig.

Im Laborfachhandel kostet ein „Hellige-Boden-PEHAMETER“ ca. 30 Euro. Es ist ausreichend für ca. 50-60 Untersuchungen. Eine Nachfüllflasche für den Bodenindikator kostet ca. 10 Euro.

ARBEITSBOGEN 1.4.4
BESTIMMUNG DES PH-WERTS

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Methode:

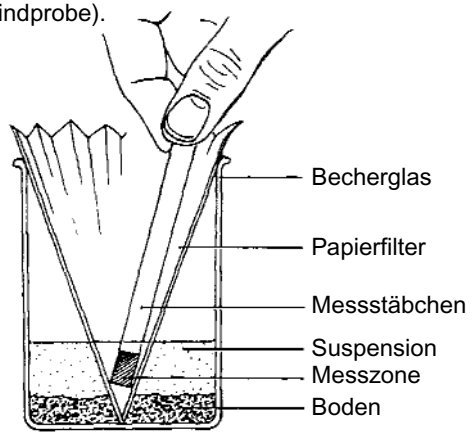
Der Säurezustand des Bodens wird als pH-Wert ausgedrückt; er gibt den Gehalt an Wasserstoffionen in einer Flüssigkeit an.

Geräte/Material:

- Bodenproben (verschiedene Böden, evtl. versch. Bodentiefen)
- pH-Indikatorstäbchen (nicht blutend)
- schmales Becherglas
- Faltenfilter
- $CaCl_2$ - Lösung (0,1 m)

Vorbereitung:

Als Probenmaterial wird Feinboden verwendet. Mit diesem Feinboden wird eine Aufschlämmung im Verhältnis 10 g Boden : 25 ml Flüssigkeit ($CaCl_2$ - Lösung) (z. B. 20 g / 50 ml H_2O) hergestellt. Eventuell sollte der pH-Wert des verwendeten Wassers vorher gemessen werden (Blindprobe).



Durchführung:

Feinboden mit $CaCl_2$ - Lösung mehrmals kräftig rühren und einige Zeit stehen lassen. Frühestens nach 10 Minuten dürfte sich ein Gleichgewicht in der Schlämmflüssigkeit eingestellt haben. Anschließend wird ein Filter in die Bodensuspension getaucht, so dass sich klare Lösung im Inneren des Filters sammelt. In dieser klaren Lösung wird der pH-Wert gemessen.

Stäbchen sollen für ca. 3 Minuten eingetaucht werden. Deshalb sind nicht blutende Stäbchen notwendig, d. h. solche, bei denen der Indikatorfarbstoff nicht ausläuft.

Auswertung:

pH	< 3,5	- 4,5	- 5,5	- 6,5	- 7,2	- 8,5	> 8,5
	extrem sauer	stark sauer	sauer	schwach	neutral	alkalisch	stark alkalisch

Bewertung:

Ein neutraler bis leicht saurer pH-Wert des Bodens (pH 6 bis 7)

- fördert die biologische Aktivität des Bodens und somit die Humusumsetzung,
- fördert die Löslichkeit der Nährstoffe,
- verhindert die Freisetzung giftiger Aluminiumionen,
- und fördert das Pflanzenwachstum.

Aus: MEYER, J. (1996). Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend, und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 48

Bestimmung des Nitrit- und Nitratgehalts

Der Nitratgehalt im Boden ist ein wichtiger Faktor für das Wachstum der Pflanzen. Daher wird auch in der konventionellen Landwirtschaft intensiv mit Nitrat gedüngt. Wird der Dünger aber zu hoch konzentriert und eventuell noch zur falschen Zeit ausgebracht, gelangt das Nitrat über Sickerwasser in das Grund- und damit auch in das Trinkwasser.

Dies stellt vor allem für Kleinkinder eine Gefahr dar, da sich das Nitrat in giftiges Nitrit umwandelt, das bei den Kindern zur Blausucht führen kann. Mit teuren Verfahren lässt sich das Nitrat heute – durch entsprechend ausgerüstete kommunale Wasseraufbereitungsanlagen – aus dem Wasser entfernen.

Der Nitratnachweis verläuft ebenfalls über Teststäbchen (Arbeitsbogen 1.4.5). Diese gibt es auch als Kombinationsteststäbchen, die gleichzeitig den Nitritgehalt des Bodens anzeigen.

Beachten Sie bitte den Kasten „Achtung“ am Beginn dieses Kapitels (1.4) - Extraktion in Aqua dest. oder in $CaCl_2$ - Lösung möglich!

Bestimmung des Ammoniumgehalts

Den Ammoniumgehalt bestimmt man genau so wie den Nitratgehalt, lediglich benutzt man hierfür Ammoniumindikatorstäbchen.

Beachten Sie bitte den Kasten „Achtung“ am Beginn dieses Kapitels (1.4) - Extraktion in Aqua dest. oder in $CaCl_2$ - Lösung möglich!.

BESTIMMUNG DES AMMONIUM-, NITRIT- UND NITRATGEHALTS (PROBENNAHME)

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Je nach Pflanzenart werden unterschiedliche Bodentiefen durchwurzelt. Dementsprechend sind die Bodenproben zu entnehmen.

Untersucht wird die von den Pflanzenwurzeln erreichbare Bodenschicht; auf tiefgründigen Böden umfasst diese einen Bereich von 0 - 90 cm, auf flachgründigeren Standorten einen solchen bis 60 cm oder weniger. Es hat sich bewährt, das Bodenprofil in 30 cm breite Fraktionen zu unterteilen. Die getrennte Untersuchung erlaubt eine Beurteilung darüber, wie das N-Angebot im Boden verteilt ist, z. B. oberflächennah oder tiefer.

Werden die Proben nicht direkt am Standort untersucht, müssen sie in Plastikbeuteln verpackt und in Kühltaschen bei 0 - 3O °C transportiert bzw. aufbewahrt werden.

Die Probenahme bzw. Messung sollte kurz vor der ersten N-Düngung zu Beginn der Vegetation erfolgen, spätestens im März.

Berücksichtigung der Bodenfeuchte

Führt man die Messung nicht an getrockneten sondern an feldfrischen Proben durch, muss der jeweilige Bodenwassergehalt berücksichtigt werden.

Da mit zunehmendem Wasseranteil die wässrige Phase größer wird, ergeben sich in der Praxis etwas zu niedrige Messergebnisse. Daher muss der gemessene Nitratgehalt mit einem Korrekturfaktor multipliziert werden. Für eine grobe Orientierung genügt es, den auf der Skala abgelesenen Nitratwert mit dem Faktor

- 1,1 für trockene Böden
- 1,3 für normale Böden
- 1,5 für nasse Böden zu multiplizieren.

Beispiel:

Wird ein Messwert von 60 ppm auf der Skala abgelesen, so liegt der bereinigte Wert für normale Böden dann bei 60 x 1,3 = 78 kg N/ha und 30 cm Bodenschicht.

Aus: Meyer, J. (1996). Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend, und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 50 - 51

BESTIMMUNG DES AMMONIUM-, NITRIT- UND NITRATGEHALTS (DURCHFÜHRUNG)

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Methode:

Der Gehalt an Ammonium, Nitrit und Nitrat des Bodens kann auf einfache Weise mit Ammonium-Teststäbchen, Nitrit-Teststäbchen und Nitrat-Teststäbchen ermittelt werden, die je einen spezifischen Farbindikator enthalten, der sich je nach Menge des vorhandenen Stoffes färbt.

Geräte/Material:

- Bodenbohrer oder Spaten
- Bechergläser
- Gefäß
- Filter
- Nitrat-Teststäbchen
- Nitrit-Teststäbchen
- Ammonium-Teststäbchen
- destilliertes Wasser
- Uhr

Bodenprobenentnahme:

Je nach Pflanzenart werden unterschiedliche Bodentiefen durchwurzelt.
Dementsprechend sind die Bodenproben zu entnehmen
(bis zu 90 cm Tiefe, z. B. mit Bohrstock).

Durchführung:

Je Bodenschicht 100 g Bodenprobe einwiegen und mit 100 ml Aqua dest. kräftig aufrühren.

Faltenfilter in die Bodensuspension eintauchen. Teststäbchen kurz (1 bis 2 Sekunden) in das Filtrat im Inneren des Filters eintauchen. Filtriert die Bodensuspension schlecht, Teststäbchen kurz an die feuchte Filterinnenwand pressen.

Nach Ablauf von 1 Minute Verfärbung des Teststäbchens mit der Farbskala auf der Dose vergleichen.

Die folgende Tabelle gibt eine grobe Orientierung über den Versorgungszustand des Bodens in Abhängigkeit von der Nitratkonzentration. Eine genauere Bewertung kann aufgrund des individuellen N-Bedarfs von Pflanzen erfolgen. Die auf der Skala angegebenen mg $N0_3$/l-Werte entsprechen bei dieser Untersuchung kg N je ha in der jeweiligen Bodenschicht von 30 cm Stärke.

Auswertung:

Alle drei Schichten zusammengerechnet ergeben den kg-Wert pro ha des Gesamtbodens von 0 - 90 cm. Dieser Wert gibt grob den N_{-min}-Vorrat im Boden an.

Konz. Nitrat (mg/l)	Versorgungszustand des Bodens
0 - 40	niedrig
40 - 75	mittel
75 - 150	hoch
150 und mehr	überversorgt

(Tabelle aus: BERGMEINER, M. *Bodenuntersuchung, Offenbach 1987)*

Aus: MEYER, J. (1996). Bodenuntersuchungen im Schulgarten. Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Schule, Jugend, und Berufsbildung, Amt für Schule, Hamburg, S. 50 - 51

Fangen von Wirbellosen mit einem Berlesetrichter

Die meisten Bodenlebewesen haben nur einen gering ausgeprägten Verdunstungsschutz, da dieser unter ihren normalen Lebensbedingungen nicht notwendig ist. Auch Licht kommt unter normalen Bedingungen in ihrem Lebensraum nicht vor, sie meiden es, u. a. da Licht mit Austrocknung verbunden ist.

Genau diese Eigenschaften nutzt man mit dem so genannten „Berlesetrichter“ aus (Arbeitsbogen 1.5.1).

Eine kleine Bodenprobe aus dem Oberboden mit etwas Laubstreu wird in ein Sieb gegeben, das nach unten durch eine schwarze Pappe abgedunkelt ist. Das Sieb ist über einem Auffanggefäß befestigt (z. B. mit einem Stativ), in dem sich entweder etwas Glycerin oder Spiritus mit etwas Geschirrspülmittel befindet. Über dem Sieb befindet sich eine Lampe, die zwei Funktionen hat! Zum einen soll sie die negativ fototaktischen Eigenschaften der Tiere ansprechen, die Tiere sollen sich also nach unten in die Probe zurückziehen. Zum anderen sorgt sie für langsames Austrocknen der Probe von oben her, wodurch die Tiere sich weiter nach unten zurückziehen. Irgendwann fallen sie unten durch das Sieb in den Auffangbehälter und können dann betrachtet und ggf. gezählt und/oder bestimmt werden.

Achtung!

- Bei der Verwendung von Spiritus erzielt man die besten Fixierungsergebnisse und verhindert, dass sich die Tiere gegenseitig auffressen.
- Will man – vor allem mit jüngeren Schülern – die Tiere nicht in einer Flüssigkeit fixieren, sondern sie nach der Untersuchung wieder „freilassen“, so geht es auch ohne die Fixierflüssigkeit. Die Ausbeute ist aber bei weitem nicht so gut!
- Als bodenkundlicher Anfänger nimmt man häufig zu viel Boden – das bringt keine so guten Ergebnisse!
- Das zu intensive Beleuchten aus zu kurzem Abstand kann dazu führen, dass die Probe schneller austrocknet, als sich die Tiere zurückziehen können. Man findet dann nur sehr wenige Tiere im Auffanggefäß, da die meisten im Boden gestorben sind.
  Es hat sich manchmal sogar als günstig erwiesen, die Proben einfach unbeleuchtet mehrere Tage über dem (nicht von oben) abgedunkelten Sieb und Auffanggefäß stehen zu lassen.

ARBEITSBOGEN 1.5.1

FANGEN VON WIRBELLOSEN MIT EINEM BERLESETRICHTER

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material:

- Großer Trichter
- Sieb
- Auffanggefäß
- Auffangflüssigkeit (Spiritus mit Spülmittel oder Glycerin)
- (Schreibtisch-) Lampe
- Stativ und Stativklemme
- schwarze Pappe
- Schere
- Klebestreifen oder Klebstoff

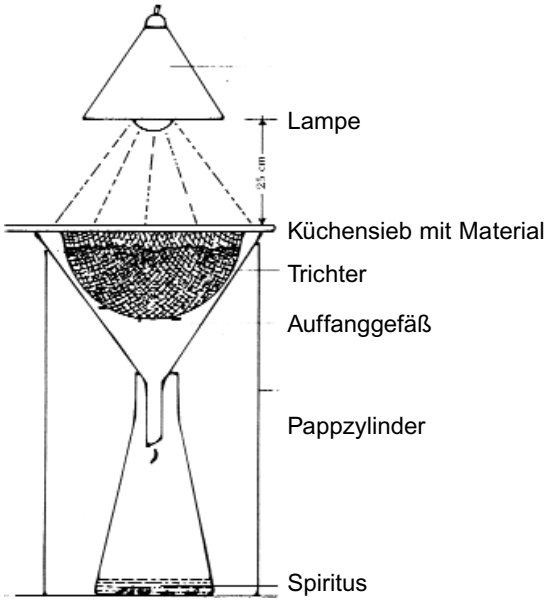


Abb. aus: SLABY, P. (1993): Wir erforschen den Boden. Verlag die Werkstatt, Göttingen (AOL-Verlag) S. B4.

Der Berlesetrichter ist wie folgt zu bauen und dann mit einer Probe zu beschicken:

1. Das Sieb mit den Boden- und/oder Laubstreuproben wird in den Trichter gehängt.
2. Der Trichter mit dem Sieb wird so über dem Auffanggefäß befestigt, dass die Trichteröffnung in das Gefäß reicht.
   Der Boden des Gefäßes ist mit einer Auffangflüssigkeit bedeckt.
3. Aus der Pappe fertigt man eine Manschette, die den Trichter und das Auffanggefäß von unten vor Lichteinfall schützt.
4. Die Lampe beleuchtet die Bodenprobe im Sieb von oben.
   Sie darf nicht zu dicht an die Probe herangebracht werden.
5. Der Versuchansatz wird nach einigen Tagen mit Lupen oder Mikroskopen ausgewertet.

„Berlesenahes“ Ausschlämmen

Diese Methode (Arbeitsbogen 1.5.2) ähnelt der „Berlesemethode“ (Arbeitsbogen 1.5.1). Sie zielt jedoch vor allem auf das Auffinden von Faden- und Ringelwürmern ab.

Nachweis von Bodennematoden (Fadenwürmern) und anderen kleinen Wirbellosen

Spieler & Skiba beschreiben in Unterricht Biologie (2002), Heft 273 auf S. 40 zwei Methoden, die ebenfalls Nematoden und kleine Wirbellose aus dem Boden extrahieren (Arbeitsbogen 1.5.3).
Die Verfahren sind etwas aufwändiger, da vor Beginn der Versuchs noch Agarplatten gegossen werden müssen.

Kochsalz-Schwemm-Methode zum Nachweis mikroskopisch kleiner Bodenorganismen

Auch diese Methode (Arbeitsbogen 1.5.4) dient der Isolierung kleinster Lebewesen aus Bodenproben. Sie nutzt dabei die geringe Dichte der betreffenden Lebewesen aus, die am Ende des Versuchs auf der Probe schwimmen.

ARBEITSBOGEN 1.5.2

FANGEN VON WIRBELLOSEN DURCH „BERLESENAHES“ AUFSCHLÄMMEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material:

- Trichter
- kleiner Gummischlauch
- Schlauchklemme
- Gazetuch (z. B. Stück einer Strumpfhose)
- Auffanggefäß
- (Schreibtisch-) Lampe
- Stativ und Stativklemme

Wirbellose können wie folgt gefangen werden:

1. Der Gummischlauch wird auf das Ende des Trichters gesteckt und mit einer Schlauchklemme verschlossen.
2. In das Gazetuch wird die Bodenprobe eingefüllt, das Tuch dann (z. B. durch einen Knoten) verschlossen.
3. Dieser Beutel wird nun in den mit Wasser gefüllten Trichter gelegt, so dass er halb aus dem Wasser heraus ragt.
4. Das Ganze wird so mit dem Stativ fixiert, dass das Auffanggefäß sich unter dem Trichter befindet.
5. Die Probe wird von oben mit der Lampe beleuchtet.
6. Nach frühestens 20 Minuten öffnet man die Schraubklemme und lässt etwas Wasser in das Auffanggefäß.
7. Diese Probe wird dann mit Lupe oder Mikroskop untersucht.

Nach Slaby, P. (1993): Wir erforschen den Boden. Verlag die Werkstatt, Göttingen (AOL-Verlag) S. B4.

NACHWEIS VON BODENNEMATODEN (FADENWÜRMERN) UND ANDEREN KLEINEN WIRBELLOSEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Materialien:

- Bodenprobe
- Agarplatten
- Glasröhrchen
- Trichter
- Schlauch
- Filter oder Toilettenpapier
- Stativ
- Glühlampe
- Stereolupe

Tipps zur Isolation von Bodennematoden

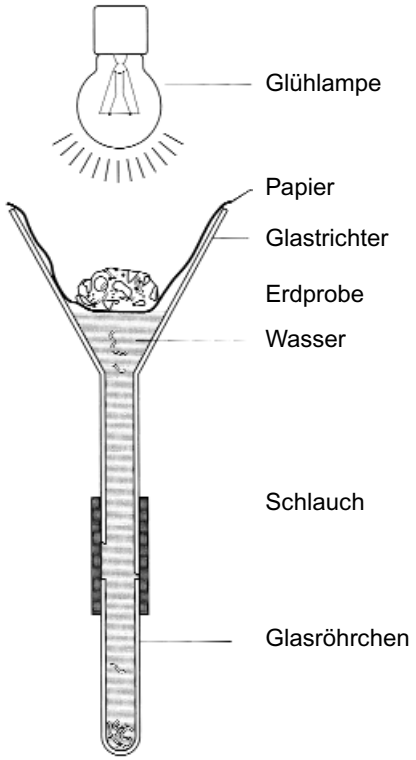
1. Am einfachsten lassen sich die verschiedenen Arten von Bodennematoden aus einer Erdprobe isolieren, indem man davon einen halben Teelöffel auf die Ecke einer Agarplatte gibt und die Erde nach einem Tag vorsichtig entfernt. In dieser Zeit ist ein Großteil der Nematoden auf den Agar gekrochen.

2. Diese Methode ist aufwändiger, aber dafür werden die Agarplatten nicht mit Erde verunreinigt. Bei dieser Isolierungsmethode nutzt man aus, dass Fadenwürmer Feuchtigkeit der Trockenheit vorziehen.
   Man setzt einen Trichter auf ein mit Wasser gefülltes Röhrchen. Danach legt man den Trichter mit 1 bis 2 Blatt Toilettenpapier aus und füllt ihn etwa 1,5 cm hoch mit der Bodenprobe.

Anschließend werden Röhrchen und Trichter an einem Stativ so unter eine Glühbirne gehängt, dass die Bodenprobe erwärmt und getrocknet wird. Die Nematoden kriechen in Richtung zunehmender Feuchte, wobei sie durch das Filterpapier hindurch in das Wasser gelangen, wo sie zu Boden sinken.

Wegen des geringen Sauerstoffgehalts können sie im Wasser nur 24 bis 30 Stunden überleben. Deshalb muss man die Röhrchen rechtzeitig über einer oder mehreren Petrischalen entleeren (vorher vorsichtig etwas Wasser abgießen!). Diese kann man unter dem Stereomikroskop durchmustern. Da die winzigen Würmer nahezu durchsichtig sind, sollte man die Petrischalen entweder auf einen schwarzen Untergrund stellen und seitlich beleuchten oder eine Durchlichtbeleuchtung verwenden.

Die kräftige Kutikula der Tiere leuchtet dann hell auf und verrät die Würmer. Mit einer Pipette werden die Nematoden vorsichtig mit möglichst wenig Wasser aufgesaugt und auf die Agarplatte umgesetzt.



Aus: Spieler, M. & Skiba, F. (2002): Allgegenwärtig: Fadenwürmer. In: Unterricht Biologie Heft 273/26. Jahrg., S. 38 - 42

NACHWEIS VON BODENNEMATODEN (FADENWÜRMERN) UND ANDEREN KLEINEN WIRBELLOSEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Bei der Isolierung von Fadenwürmern aus dem Boden lassen sich noch weitere Bodentiere entdecken:

Bodennematoden:

Durchscheinende Würmer ohne Querbänderung,
Größe: < 2 mm, kompakt < 20 mal so lang wie dick

pflanzenparasitäre Nematodenlarven:

Ebenfalls durchscheinende Würmer ohne Querbänderung,
Größe: oft > 2 mm, sehr dünn
> 20 mal so lang wie dick

Ringelwürmer:

Meist größere Würmer mit Borsten und Querbänderung

Insektenlarven:

Größere wurm- oder madenförmige Tiere,
oft mit Querbänderung und Borsten,
häufig mit 6 Beinchen und kräftigen Mundwerkzeugen

Bärtierchen:

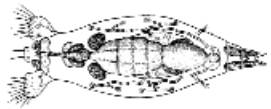
Kleine, kompakte Tiere mit Scheinfüßchen

Bodenmilben:

Oft stark behaarte, insektenartige Tiere,
jedoch mit oftmals 8 Beinen

Rädertierchen:

Kleine kugelförmige Tiere,
die einen aus «Schaufelrädern»
bestehenden Filterapparat besitzen



Pantoffeltierchen:

Kleine, mit gleichmäßiger Bewegung
schnell durchs Wasser
schwimmende Tiere

Aus: Spieler, M. & Skiba, F. (2002): Allgegenwärtig: Fadenwürmer. In: Unterricht Biologie Heft 273/26. Jahrg., S. 38 - 42

ARBEITSBOGEN 1.5.4

KOCHSALZ-SCHWEMM-METHODE ZUM NACHWEIS MIKROSKOPISCH KLEINER BODENORGANISMEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material:

- Erlenmeyerkolben
- konzentrierte Kochsalzlösung
- Glasstab
- Objektträger
- Deckgläser

Kleine Bodenorganismen können wie folgt gefangen werden:

1. Der Erlenmeyerkolben wird bis zur Hälfte mit der Bodenprobe gefüllt und dann mit der Kochsalzlösung aufgefüllt und kräftig geschüttelt.
2. Nach dem Schütteln lässt man den Kolben eine Weile stehen.
3. An der Lösungsoberfläche setzen sich dann kleinste Organismen und Pflanzenreste ab.
4. Mit einem Glasstab werden die Organismen auf einen Objektträger überführt und dann mikroskopisch untersucht.

Nach Slaby, P. (1993): Wir erforschen den Boden. Verlag die Werkstatt, Göttingen (AOL-Verlag) S. B5

ARBEITSBOGEN 1.5.5

STREUAUFGUSS ZUM NACHWEIS MIKROSKOPISCH KLEINER BODENORGANISMEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Material:

- Bodenprobe
- Becherglas
- konzentrierte Kochsalzlösung
- Objektträger
- Deckgläser

Mikroskopisch kleine Bodenorganismen können wie folgt beobachtet werden:

1. In das Becherglas gibt man etwas von der Boden- oder Streuschichtprobe und gibt etwa 0,5 l abgestandenes Wasser hinzu.
2. Den Ansatz lässt man einige Tage stehen, bis sich auf der Oberfläche eine Kahmhaut gebildet hat.
3. Mit einer Pipette oder einem Glasstab überführt man dann etwas von der Kahmhaut und/oder der Aufgussflüssigkeit zur mikroskopischen Auswertung auf einen Objektträger.

Nach Slaby, P. (1993): Wir erforschen den Boden. Verlag die Werkstatt, Göttingen (AOL-Verlag) S. B5

Die Bodenfauna*

Ein ganz wesentlicher Faktor bei der Bodenbildung sind die Organismen im Boden. In ihrer Gesamtheit werden sie als Edaphon bezeichnet. Obwohl die Bodenfauna nur 20 % des Trockengewichts aller lebenden Organismen im Boden ausmacht, kommt ihr eine wichtige Rolle zu. Die Tiere im Boden zerkleinern die organischen Bestandsabfälle, sie betätigen sich als Destruenten und bereiten so den mineralisierend wirkenden Pilzen und Mikroorganismen die abbaubaren Stoffe im Boden auf. Dabei bildet sich wiederum ein engmaschiges Nahrungsnetz. Somit beeinflussen die Tiere durch ihre Abbauleistungen die mineralische Zusammensetzung eines Bodens nachhaltig. Die Beschäftigung mit der Bodenfauna ist deshalb ein zentraler Punkt der Bodenbiologie.

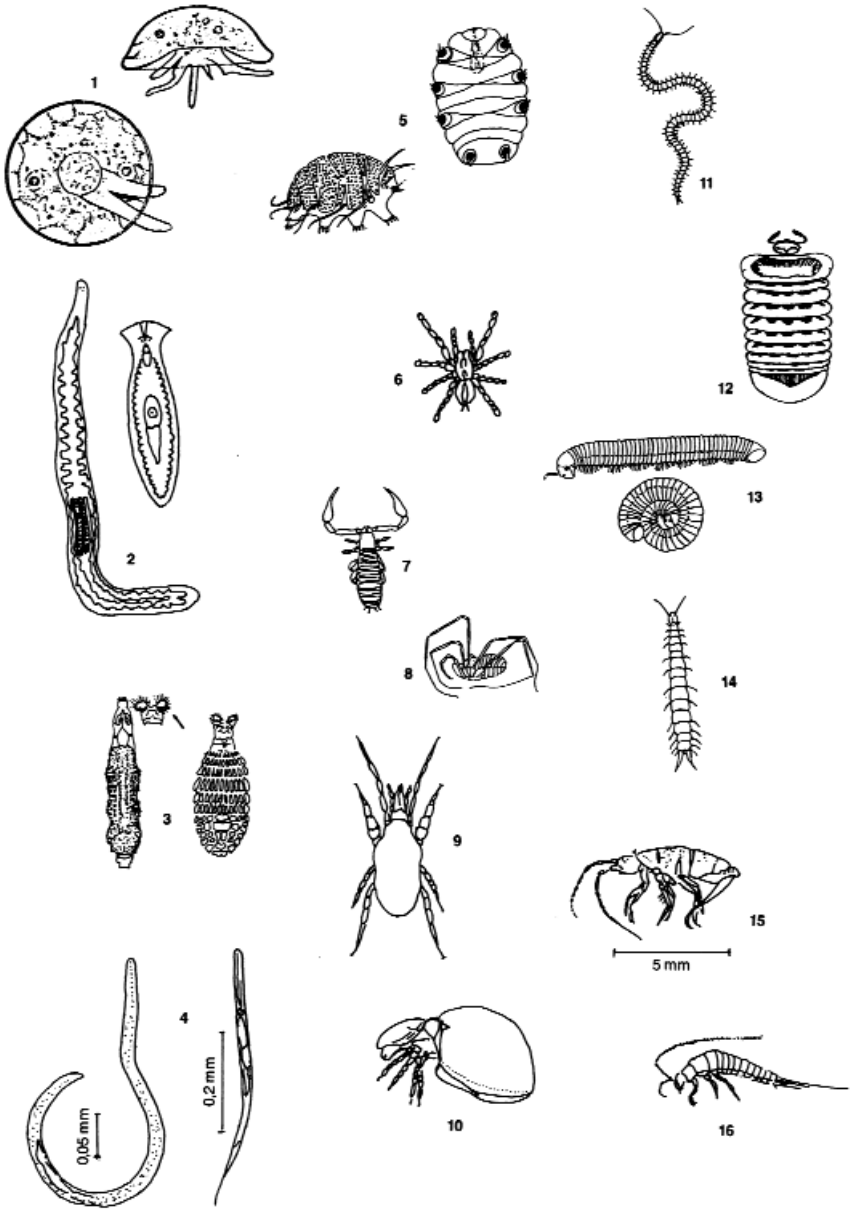
Systematische Einordnung

Wenn man Steine oder größere, auf dem Boden liegende Holzstücke herumdreht, abgestorbene Rinde von einem Baumstubben abblättert oder in der Streuschicht eines Waldbodens wühlt, ist man von der Fülle von Kleintieren, meist Gliederfüßern, überrascht.

In diesem Kapitel soll eine kurze Übersicht über die häufigsten Vertreter der Bodenfauna gegeben werden. Es werden nur die wichtigsten Vertreter aufgeführt und teilweise kurz charakterisiert. Die Zahlen in Klammern weisen darauf hin, dass diese Organismen in Abb. 1.5.1 zu finden sind. (Hervorragende rasterelektronenmikroskopische Abbildungen mit erläuternden Zeichnungen finden sich in dem Buch von Eisenbeis, W.: Atlas der Bodenfauna, G. Fischer Verlag, Stuttgart.)

Ziel dieser Übersicht ist es, insbesondere dem Anfänger für die ungeheure Formenvielfalt der im Boden lebenden Tiere eine Hilfe zum Einordnen zu geben. Die Bezeichnung der systematischen Kategorien richtet sich nach dem „Lehrbuch der Speziellen Zoologie“, begründet von Wurmbach, fortgeführt von Siewing. Auf eine Nummerierung der einzelnen Kategorien wurde verzichtet.

** Dieser Abschnitt und die folgenden Abbildungen sind entnommen aus: Brucker, G. & Kalusche, D. (1990[2]): Boden und Umwelt – Bodenökologisches Praktikum. Biologische Arbeitsbücher Bd. 19, Heidelberg/Wiesbaden (Quelle und Meyer)*



I. Unterreich: PROTOZOA

Stamm: Sarcomastigophora

Unterstamm: Sarcodina = Rhizopoda – Wurzelfüßer

Klasse: Lobosea

Unterklasse: Gymnamoebia – Nackte Wechseltierchen; vor allem die Ordnung Schizopyrenida enthält im Boden lebende Arten

Unterklasse: **Testacealobosia – Beschalte Amöben (1)** mit ungekammerter Schale.

Die Schalamöben unterscheiden sich von den nackten Amöben durch ein Gehäuse aus dünner chitiniger Substanz oder aus kieseligen Plättchen. Einige Arten lagern auch Sandkörnchen oder Kieselalgen in ihr Gehäuse ein. Sie leben häufig auf Moospolstern und ernähren sich vorwiegend von abgestorbenen organischen Substanzen.

Abb. 1.5.1: Wichtige systematische Gruppen

(Die Nummern beziehen sich auf die im Folgendem genannten Gruppen.)

II. Unterreich: METAZOA

Stamm: Plathelminthes – Plattwürmer

Klasse: **Turbellaria – Strudelwürmer (2)**

Die Turbellaria sind freilebend und können sich mit Flimmerhärchen der Haut fortbewegen (Name!). Die meisten Vertreter dieser Klasse leben im Wasser. Die Landplanarie *Rhynchodemus terrestris* ist in wassergefüllten Bodenspalten anzutreffen.

Stamm: Nematheeminthes = Aschelminthes – Rundwürmer

Klasse: **Rotatoria – Rädertierchen (3)**

Die Rädertierchen sind sehr klein (0,04-2 mm) und formenreich; Räderorgan (zwei Wimpernfelder am Vorderende) zur Fortbewegung und Nahrungsaufnahme; Dreigliederung des Körpers in Kopf mit Räderorgan, Rumpf und Fuß.

Klasse: **Nematodes – Fadenwürmer (4)**

Die Fadenwürmer kommen in großer Artenzahl im Boden vor. Körperlänge der bodenlebenden Arten 0,5-1 mm. Die Körperoberfläche ist mit einer harten, elastischen Cuticula bedeckt. Der endständig liegende Mund führt in die Mundhöhle, in der sich Haken, Reibeplatten oder häufig auch drei Zähnchen befinden. Die Nematoden sind entweder Säftesauger oder sie fressen Pilze, Algen, Bakterien, Protozoen, Rotatorien oder verwesendes, faulendes Material.

Stamm: Mollusca – Weichtiere

Klasse: Gastropoda – Schnecken

Stammgruppe: ARTICULATA – Gliedertiere

Diese Stammgruppe enthält die wichtigsten Bodentiere.

Stamm: Annelida – Ringelwürmer

Klasse: Clitellata – Gürtelwürmer

Ordnung: Oligochaeta – Wenigborster

Familie: Enchytraeidae – Enchyträen, kleine Borstenwürmer

Familie: Lubricidae – Regenwürmer

Die Wenigborster haben nur wenige Chitinborsten pro Segment (Regenwürmer z. B. 4 Paar). Im vorderen Drittel des Körpers weisen sie eine drüsige Verdickung (Clitellum, Gürtel) auf, die ein Sekret zum Schutz der Eier abgibt.

Stamm: Arthropoda – Gliederfüßer

Klasse: **Tardigrada – Bärtierchen (5)**

Größe bis 1 mm; Besitz von vier Paar Stummelbeinen mit Hakenklauen zum Klettern. Hauptlebensraum: Moosrasen. Tardigraden sind sehr umweltresistent: Sie können in ausgetrocknetem Zustand lange Zeit lebensfähig bleiben (Anabiose), ertragen Temperaturen von -271 °C bis +100 °C. Ernährung durch Anstechen von Pflanzenzellen; der Darmkanal trägt vorn einen Stilettapparat.

Abteilung: Chelicerata – Fühlerlose

Klasse: Arachnida – Spinnentiere

Ordnung: **Araneae – (Web-)Spinnen (6)**

Ordnung: **Pseudoscorpiones (7)**

Ordnung: **Opiliones – Weberknechte (8)**

Ordnung: Acari – Milben; hier kommen viele wichtige Gruppen im Boden vor: **Parasititformes (Parasitenmilben), Gamasidae (Raubmilden) (9), Oribatidae (Hornmilben) (10)**. Milben sind nur 0,1-2 mm, selten bis 10 mm groß. Vorder- und Hinterkörper sind zu einem einheitlichen sackförmigen Leib verschmolzen. Vier Beinpaare, Larven nur mit drei Paar Beinen.

Abteilung: Mandibulata – Mandibelträger

Klasse: Crustacea (= Diantennata) – Krebse

Unterklasse: Malacostraca – Höhere Krebse

Ordnung: Isopoda – Asseln

Klasse: Progoneata (Gliederfüßer mit vorn im Abdomen liegender Geschlechtsöffnung)

Klasse: **Chilopoda – Hundertfüßer (11)**

Unterklasse: Diplopoda – Doppelfüßer; während der Embryonalentwicklung verschmelzen je zwei Rumpfsegmente miteinander, so dass es den Anschein hat, als ob jedes äußerlich sichtbare Segment zwei Beinpaare hätte.

Familie: **Glomeridae – Saftkugler (12)**

Familie: Polydesmidae – Bandfüßer

Familie: **Julidae – Schnurfüßer (13)**

Unterklasse: Pauropoda – Wenigfüßer

Unterklasse: **Symphyla – Zwergfüßer (14)**

Klasse: Insecta – Insekten

Unterklasse: Entognatha – Urinsekten mit innen liegenden Mundwerkzeugen

Ordnung: Diplura – Doppelschwänze

Ordnung: Protura – Beintastler

Ordnung: **Collembola – Springschwänze (15)**

Unterklasse: Ectognatha – Insekten mit außen liegenden Mundwerkzeugen.

Ordnung: **Archaeognatha – Felsenspringer (16)**

Von den primär geflügelten Insekten (Pterygota) umfassen folgende Ordnungen besonders viele oder auffallende im oder auf dem Boden lebende Arten: Dermaptera (Ohrwürmer), Blattodea (Schaben), Isoptera (Termiten), Saltatoria (Schrecken), Psocoptera (Rinden- und Staubläuse), Hemiptera (Schnabelkerfe), Hymenoptera (Hautflügler), Coleoptera (Käfer), Diptera (Zweiflügler).

Die Wirbeltiere, unter denen es vor allem bei den Säugetieren bodenlebende Arten gibt, werden hier nicht aufgeführt.

Bestimmungshilfen für die Hauptgruppen

Die nachfolgenden Bestimmungsschlüssel ermöglichen eine grobe systematische Einordnung von Bodentieren. Zur näheren Artdiagnose müssen weiterführende Bestimmungsbücher herangezogen werden, z. B.:

- BROHMER: Fauna von Deutschland, Quelle & Meyer, Heidelberg. Wiesbaden
- STRESEMANN: Exkursionsfauna, Bände I, II/1 und II/2 Verlag Volk und Wissen, Berlin
- Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas, Akademie-Verlag, Berlin.

Übersicht über die Bestimmungsschlüssel

- Hauptschlüssel S. 1/79
- Ringelwürmer (Annelida) S. 1/80
- Insekten S. 1/80
- Insekten mit frei beweglichen Flügeln S. 1/81
- Insektenlarven S. 1/81
- Insektenlarven mit Beinen S. 1/82
- Tausendfüßer, Krebse S. 1/82
- Myriapoda (Tausendfüßer) S. 1/83
- Arachnida (Spinnentiere) S. 1/83

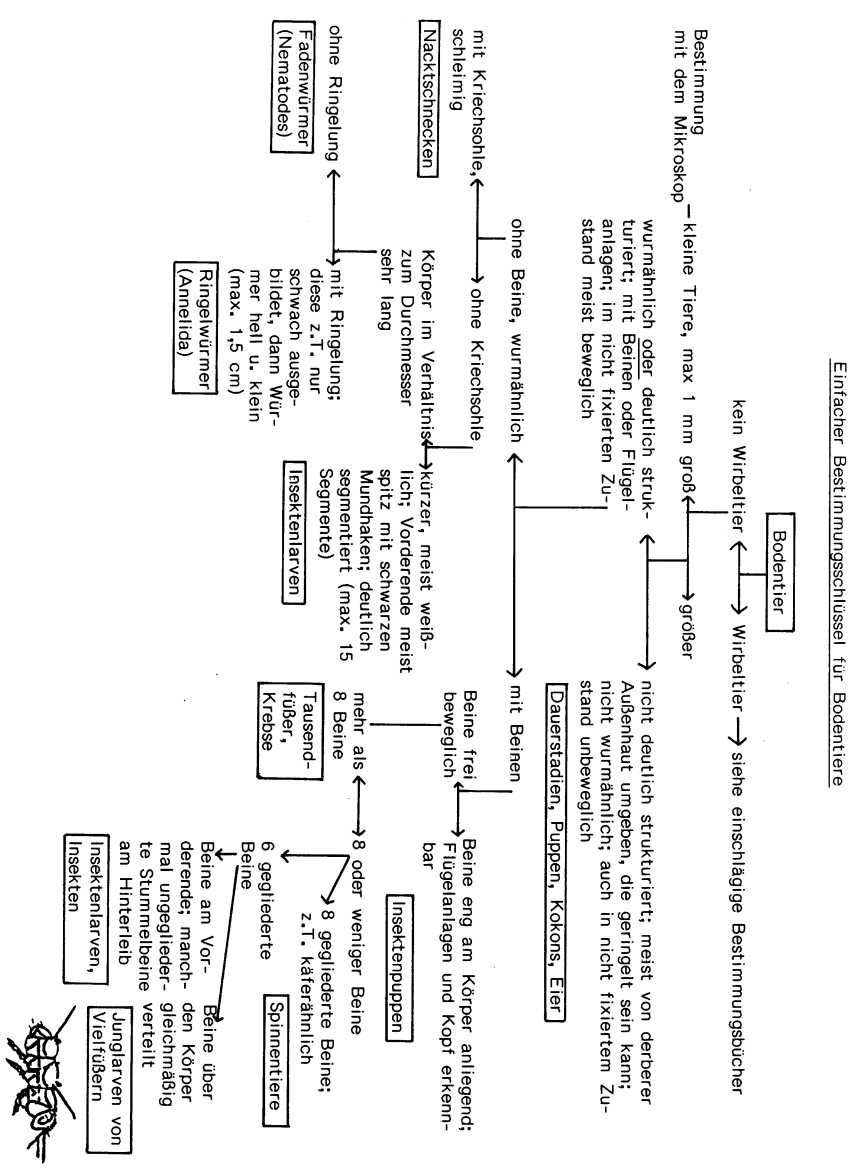
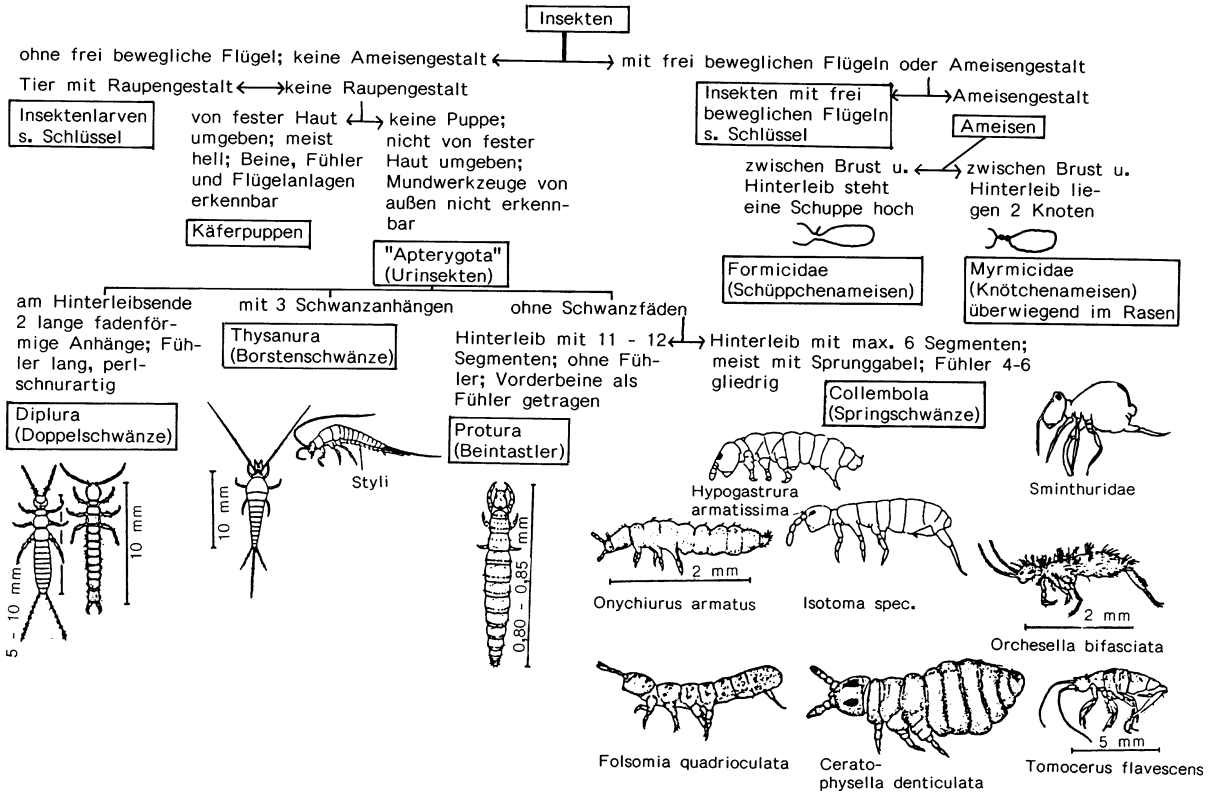


Abb. 1.5.2



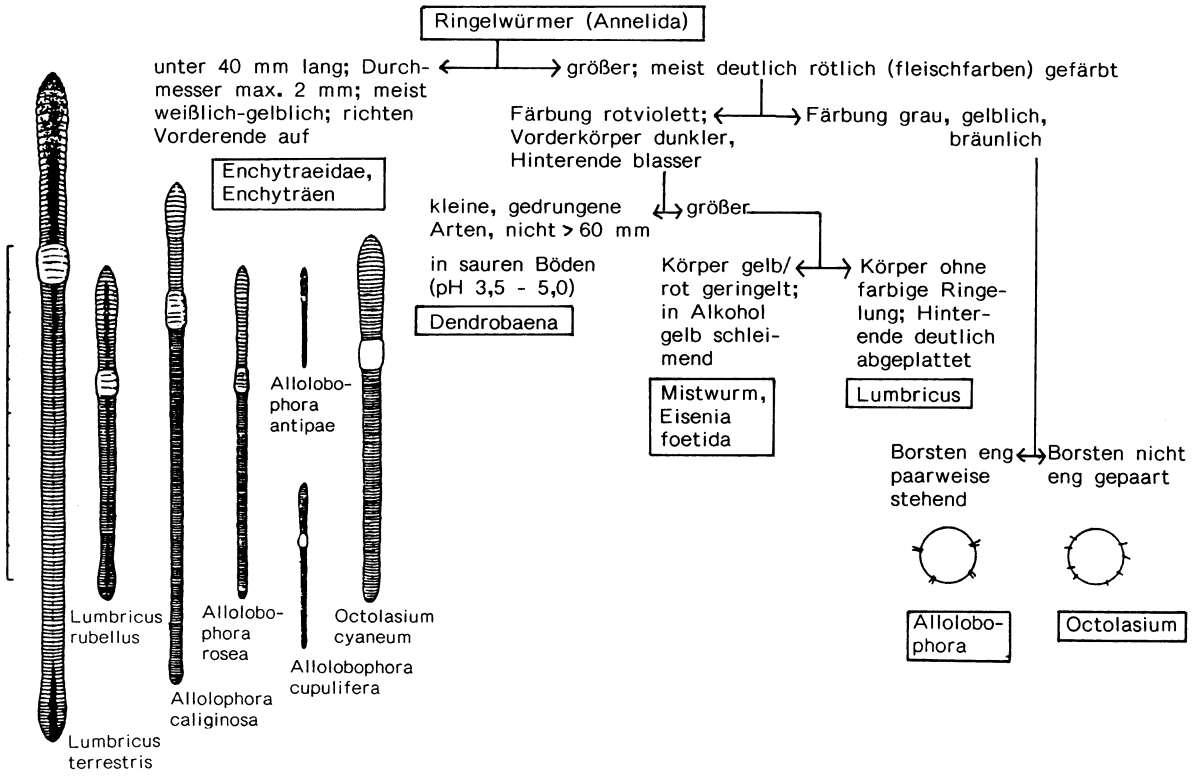
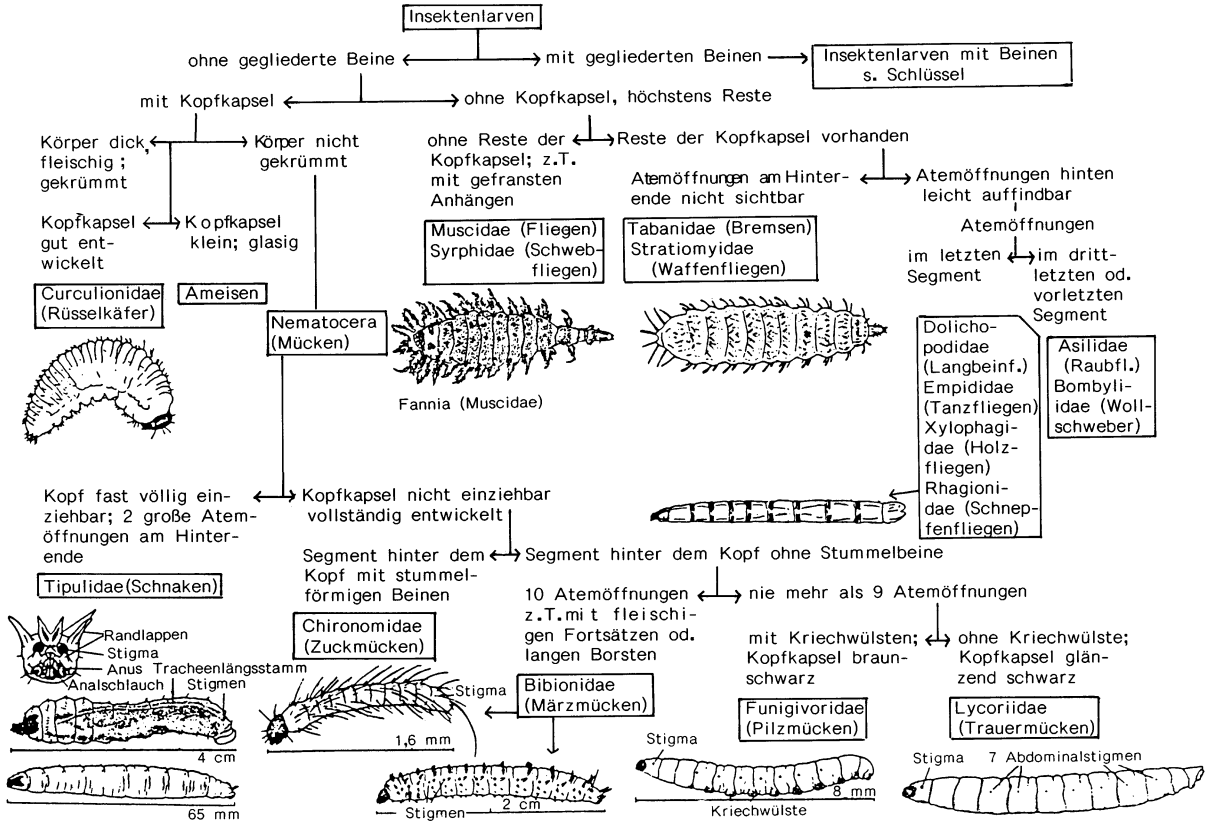


Abb. 1.5.3 und 1.5.4



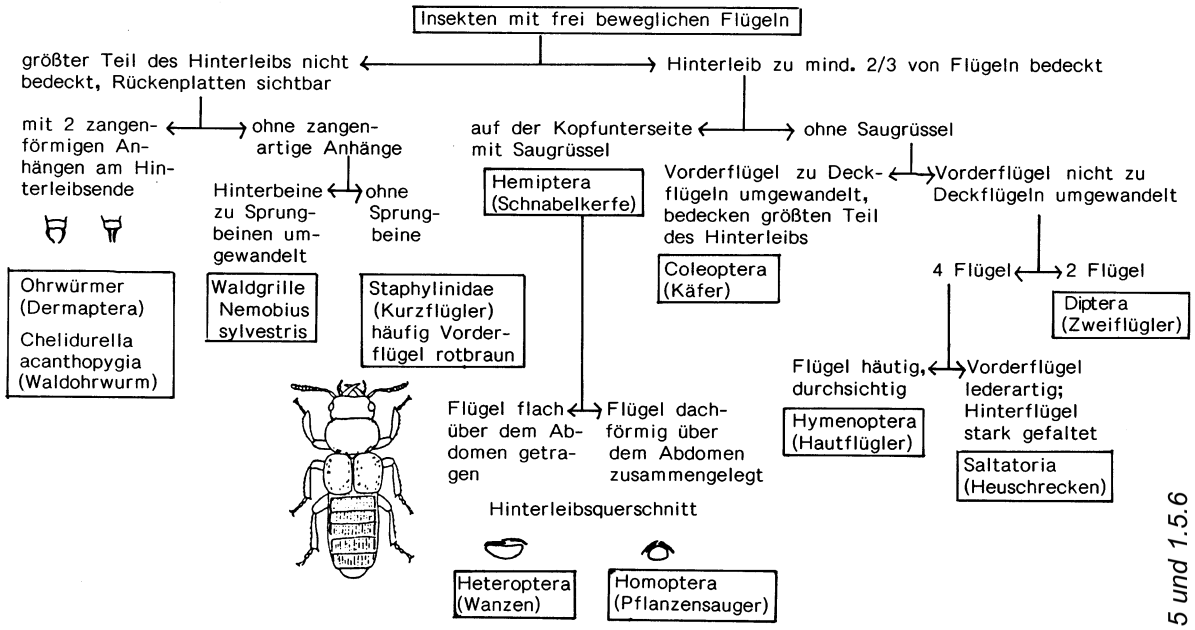
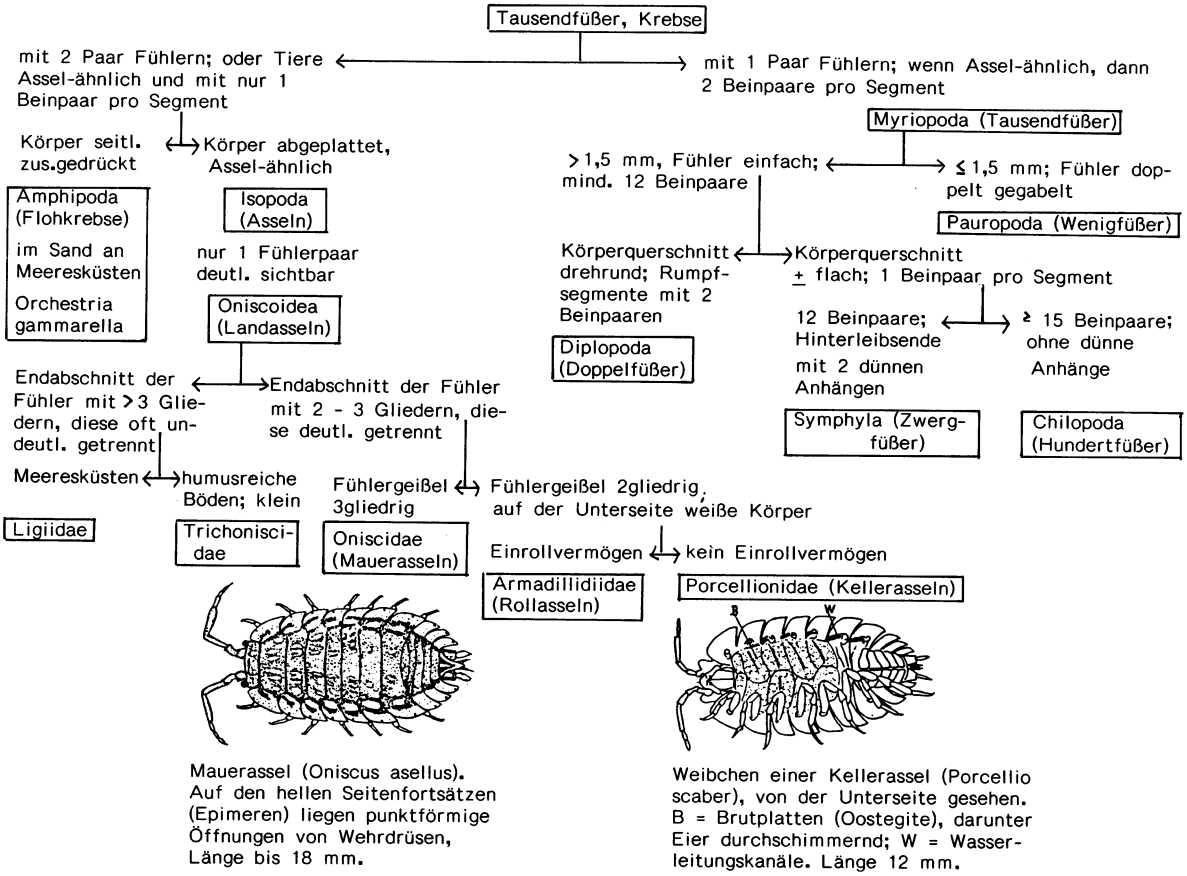


Abb. 1.5.5 und 1.5.6



Mauerassel (Oniscus asellus). Auf den hellen Seitenfortsätzen (Epimeren) liegen punktförmige Öffnungen von Wehrdrüsen, Länge bis 18 mm.

Weibchen einer Kellerassel (Porcellio scaber), von der Unterseite gesehen. B = Brutplatten (Oostegite), darunter Eier durchschimmernd; W = Wasserleitungskanäle. Länge 12 mm.

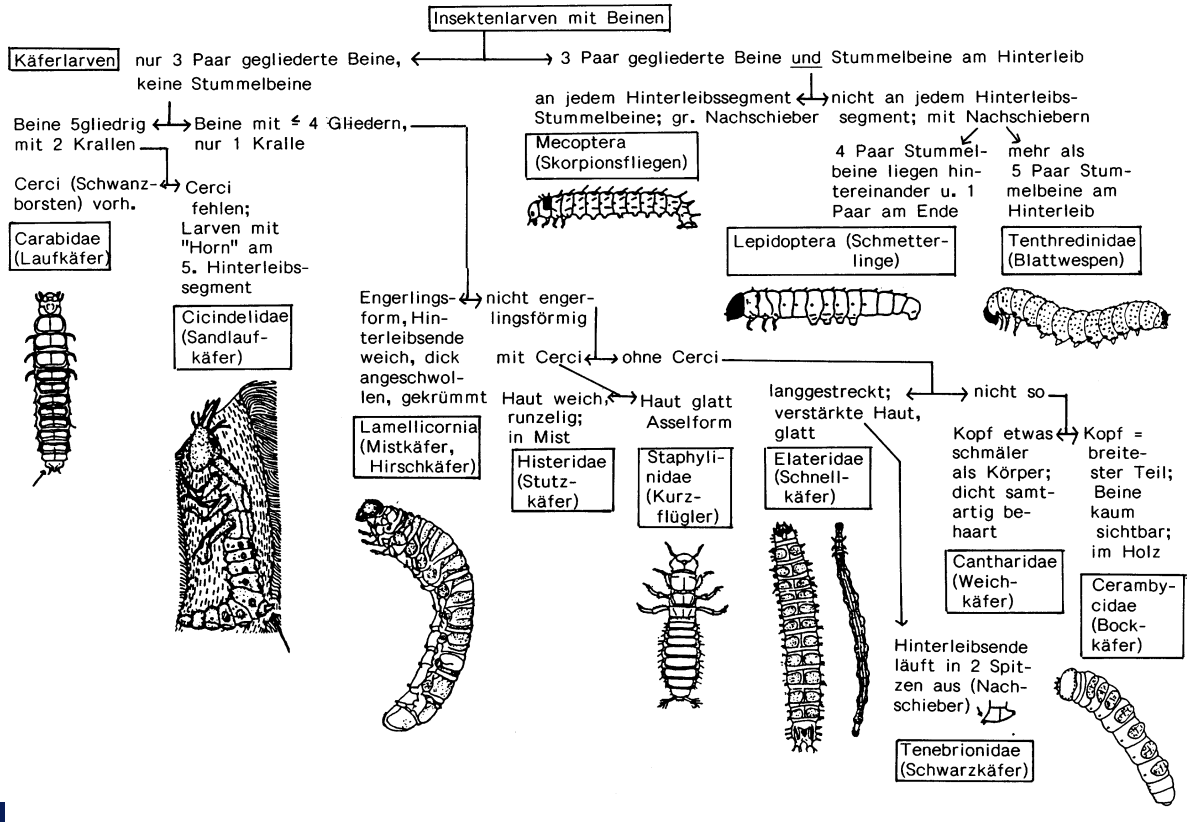
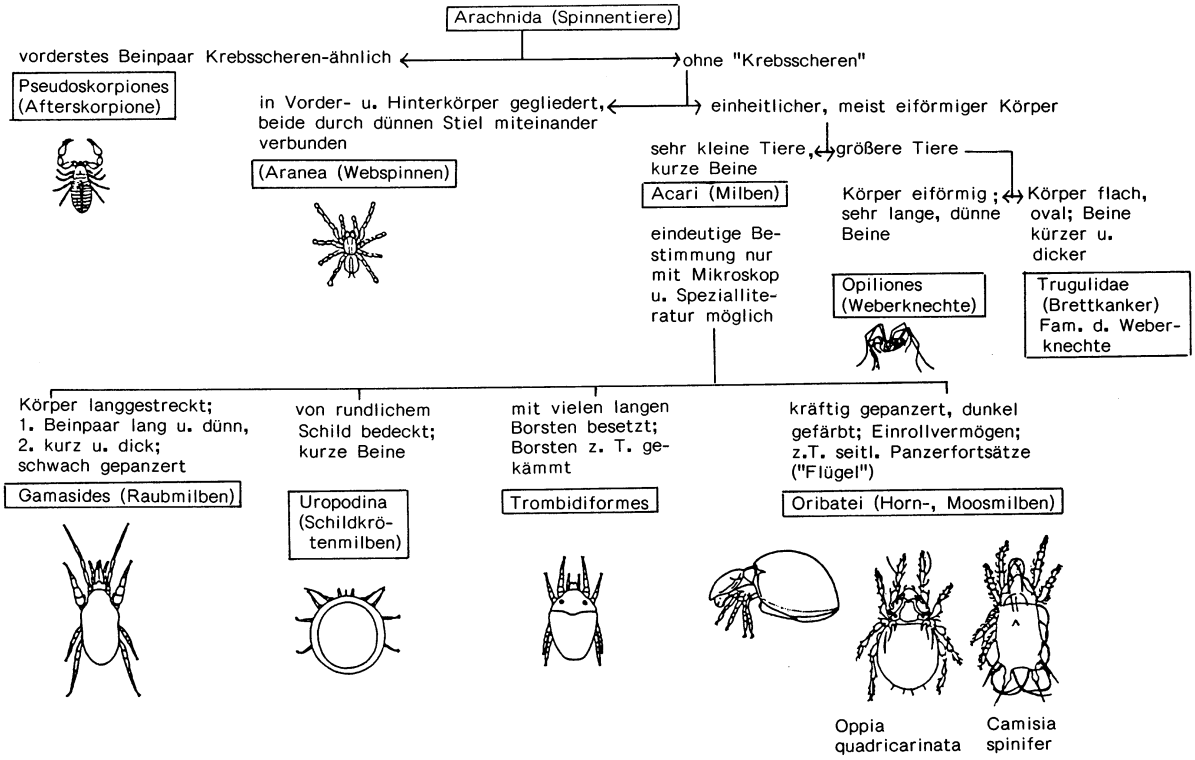


Abb. 1.5.7 und 1.5.8



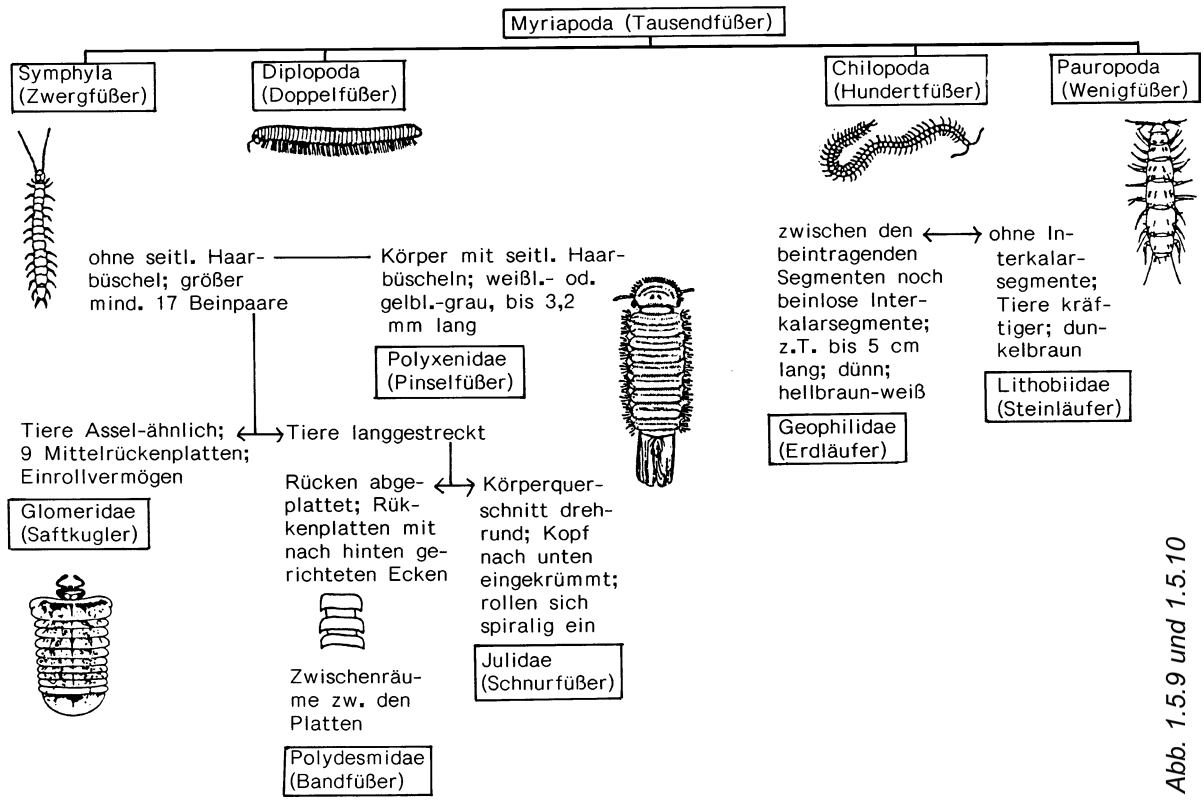


Abb. 1.5.9 und 1.5.10

1.6 STICKSTOFF-ZEIGERPFLANZEN

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Unter den Pflanzen und Tieren gibt es Universalisten, die allenthalben leben können, und stenöke Arten, die gegenüber Umweltfaktoren nur eine geringe Reaktionsbreite aufweisen. Organismen mit einer sehr geringen Reaktionsbreite sind Spezialisten, die somit ein großes Indikationsgewicht für die Charakterisierung spezieller Umweltbedingungen haben; sie werden Bioindikatoren genannt. Berühmt sind die Flechten für die Indikation von Luftschadstoffen, Tabak und Klee für die von bodennahem Ozon. Im Gewässer sind Wasserpflanzen, Plankton und Gliederfüßer gebräuchliche Indikatoren. Das Gleiche gilt für Ackerwildkräuter.

Erfolgt eine Bodenanalyse, empfiehlt es sich, den ökologischen Zusammenhang zu demonstrieren, indem nach der diesbezüglichen Flora Ausschau gehalten wird.

Werden die Ursachen eutropher Gewässer gesucht, können bei der Erkundung des Gewässerumfeldes mittels Bioindikatoren stickstoffangereicherte Böden identifiziert werden. Die hierfür in Frage kommenden Stickstoff-Zeigerpflanzen sind nach drei Gesichtspunkten ausgesucht:

1. Sie sind ausgesprochene Stickstoffzeiger und konzentrieren sich teilweise an übermäßig stickstoffreichen Standorten, wie Viehlager, und Orten mit Verschmutzungen.
2. Sie sind Ackerwildkräuter, kommen auf Stickstoff-Krautfluren oder Flurrasen und Feuchtweiden vor.
3. An Orten ihres Auftretens sind sie sehr häufig und kommen teilweise überall vor.

Damit wurden fast 4 Dutzend Pflanzenarten als Zeigerpflanzen für Stickstoffbelastungen ausgesucht, die – falls sie dort auftreten – auf landwirtschaftlichen Nutzflächen leicht zu finden sind. Überschwemmungszeiger und Wasserpflanzen werden mit **Ü** resp. **W** zusätzlich gekennzeichnet

Die Pflanzen wurden nach ELLENBERG, H., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W. & PAULISSEN, D. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Göttingen (Goltze) ausgewählt und nach DORN, A. & POHL, E. (1991): Pflanzenzeigerwerte für den Schulgebrauch. Göttingen (Goltze) nochmals selektiert.

Die meisten Pflanzen sind sehr bekannt, und dennoch ist es schwierig, die einzelnen Arten zu entdecken, nur wenige Menschen haben entsprechende Artenkenntnis. Es empfiehlt sich daher, arbeitsteilig die Pflanzenarten, z. B. nach Blütenfarbe, aufzuteilen, so dass jeder nur nach einem halben bis einem Dutzend Arten suchen muss. Man kann auch eine Kombinationsmethode anwenden, bei der mit einem vereinfachten Schlüssel die Pflanzenfamilie gefunden und anschließend mit Hilfe von Abbildungen die Art bestimmt wird.

Hilfreich kann ein gemeinsames Kursherbarium sein, das nützlich beim Bestimmen ist und die Ergebnisse längerfristig sichern hilft.
Das Herbarium sollte durch eine Karte oder Skizze ergänzt werden.

Bei allen Probennahmen sind die naturschutzrechtlichen Bestimmungen und die hierzu getroffenen regionalen Regelungen zu beachten!

REDAKTIONELLE ANMERKUNG: Es war vorgesehen, hier nachdruckbare Schwarz-Weiß-Zeichnungen dieser Pflanzen wiederzugeben. Als Vorlage kommt nur die Exkursionsflora von Deutschland, Bd. 3, von ROTHMALER, W., JÄGER, E. J. & WERNER, K. in Frage, die seit dem Jahr 2000 in der 10. Aufl. im Spektrum-Verlag erscheint (früher Volk und Wissen und G. Fischer). Auf Grund juristischer Auseinandersetzungen zwischen Verlag und den Autoren und Zeichnern kann man derzeit keine Nachdruckgenehmigungen erhalten. Sollte dies wieder möglich sein, werden die Abbildungen im Internet unter www.umweltbildung-berlin.de/boden.php nachgereicht.

Jetzt bleiben nur zwei Möglichkeiten:

1. Sie kopieren entsprechend den schulrechtlichen Regeln und den Bedingungen des Copyrights einige Zeichnungen, die Sie den Schülerinnen und Schülern in die Hand drücken. Für diesen Fall sind in den folgenden Tabellen die Seitenzahlen aus dem Rothmaler wiedergegeben, der derzeit 29,00 Euro kostet.
2. Sie benutzen andere Bestimmungsliteratur, in der bei Ihnen vorkommende Pflanzen enthalten sind.

In den Tabellen sind die Pflanzen mit Mehrfachnennungen nach Blütenfarbe sowie mit nachgestelltem Attribut nach den deutschen Namen und den botanischen (lateinischen) Namen sortiert. Zusätzlich werden die Pflanzenfamilie und Hinweise auf die Häufigkeit mit angegeben. Ferner sind Überschwemmungszeiger und Wasserpflanzen mit **Ü** resp. **W** gekennzeichnet.

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM NAMEN SORTIERT

Name	Botanischer Name	Häufigkeit	Wasser	Blütenfarbe	Familie	Rothmaler
Ampfer, stumpfblättriger	Rumex obtusifolius	äußerst häufig		grünlich	Knöterichgewächs	126
Ampfer-Knöterich	Polygonum lapathifolium	äußerst häufig		rosa oder grünlich weiß	Knöterichgewächs	133
Beinwell, gemeiner	Symphytum officinale	äußerst häufig		rötlichviolett oder gelblichweiß	Boretschgewächs	428
Brennnessel, große	Urtica dioica	äußerst häufig		grün	Brennnesselgewächs	74
Brennnessel, kleine	Urtica urens	äußerst häufig		grün	Brennnesselgewächs	74
Distel, krause	Carduus crispus	sehr häufig		purpurrot	Korbblütengewächs	547
Gänsedistel, Kohl-	Sonchus oleraceus	äußerst häufig		hellgelb	Korbblütengewächs	565
Gänsefuß, vielsamiger	Chenopodium polyspermum	sehr häufig		grünlich	Gänsefußgewächs	113
Gemeiner Beifuß	Artemesia vulgaris	äußerst häufig		gelblich oder rotbraun	Korbblütengewächs	532
Giersch; Geißfuß	Aegopodium podagraria	häufig		weiß, selten rosa	Doldengewächs.	369
Greiskraut, gemeines	Senecio vulgaris	äußerst häufig		hellgelb	Korbblütengewächs	511
Guter Heinrich, Dorf-Gänsefuß	Chenopodium bonus-henricus	häufig		grün	Gänsefußgewächs	112
Hopfen, gemeiner	Humulus lupulus	äußerst häufig	Ü	grünlich, Staubbeutel gelb	Hanfgewächs	72
Kälberkropf, Taumel- oder betäubender; Heckenkälberkropf	Chaerophyllum temulum	sehr häufig		weiß	Doldengewächs	358
Kleinblütiges Franzosenkraut	Galinsoga parviflora	sehr häufig		weiß, Röhrenblüten gelb	Korbblütengewächs	515
Klette, filzige; Filz-Klette	Arctium tomentosum	häufig		rotviolett	Korbblütengewächs	545
Klette. große	Arctium lappa	sehr häufig		rotviolett	Korbblütengewächs	545
Klette, kleine	Arctium minus	äußerst häufig		rotviolett	Korbblütengewächs	545
Klettenkerbel, gemeiner	Torilis japonica	äußerst häufig		weiß bis hellpurpurn	Doldengewächs	360
Knoblauchsrauke	Alliaria petiolata	sehr häufig		weiß	Kreuzblütengewächs	151
Kratzdistel, gemeine; Lanzett-Kratzdistel	Cirsium vulgare	äußerst häufig		purpurrot	Korbblütengewächs	549

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM NAMEN SORTIERT / SEITE 2

Name	Botanischer Name	Häufigkeit	Wasser	Blütenfarbe	Familie	Rothmaler
Lichtnelke, rote	Silene dioica	äußerst häufig		rot	Nelkengewächs	100
Meerrettich, echter	Armoracia rusticana (lapathifolia)	äußerst häufig		weiß	Kreuzblütengewächs	160
Melde, Spieß-	Atriplex prostata	häufig		grünlich	Gänsefußgewächs	119
Nachtschatten, bittersüßer	Solanum dulcamara	häufig	W	violett, am Grunde grün gefleckt	Nachtschattengewächs	432
Nachtschatten, schwarzer	Solanum nigrum	häufig		weiß	Nachtschattengewächs	431
Pestwurz, gemeine	Petasites hybridus	sehr häufig	Ü	rötlichweiß	Korbblütengewächs	503
Rispengras, einjähriges	Poa annua	äußerst häufig			Süßgräser	592
Robinie	Robinia pseudoacacia	äußerst häufig		weiß	Schmetterlingsblütengewächs	308
Schöllkraut, großes	Chelidonium majus	äußerst häufig		gelblich	Mohngewächs	59
Schwarznessel	Ballota nigra	häufig		purpurn	Lippenblütengewächs	480
Storchschnabel, Pyrenäen-	Geranium pyrenaicum	häufig		violett	Storchschnabelgewächs	338
Taubnessel, gefleckte	Lamium maculatum	sehr häufig		purpurn	Lippenblütengewächs	478
Veilchen, wohlriechendes; März-Veilchen	Viola odorata	häufig		dunkelviolett, selten weiß o. rosa	Veilchengewächs	148
Vogelmiere; Vogel-Sternmiere	Stellaria media	äußerst häufig		weiß, Staubbeutel rot- oder grauviolett	Nelkengewächs	76
Wasserdarm, gemeiner	Myosoton aquaticum	sehr häufig	Ü	weiß, Staubbeutel gelblich o. blasslila	Nelkengewächs	78
Wasserdost, gemeiner	Eupatorium cannabinum	äußerst häufig		rosarot (schmutzig) bis kupferrot oder fast weißlich	Korbblütengewächs	501
Wasserpfeffer; Pfefferknöterich	Polygonum hydropiper	äußerst häufig	W	grünlich	Knöterichgewächs	134
Weg-Malve; Käse-Pappel	Malva neglecta	sehr häufig		rosa bis weiß	Malvengewächs	202

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM NAMEN SORTIERT / SEITE 3

Name	Botanischer Name	Häufigkeit	Wasser	Blütenfarbe	Familie	Rothmaler
Weidelgras, welsches; italienisches Raygras; vielblütiger Lolch	Lolium multiflorum	äußerst häufig			Süßgräser	682
Weidenröschen, rauhhaariges oder zottiges	Epilobium hirsutum	äußerst häufig	Ü	tiefrosa	Nachtkerzengewächs	347
Weidenröschen, rosenrotes	Epilobium roseum	sehr häufig	Ü	erst weißlich, dann rosa	Nachtkerzengewächs	349
Zaunwinde	Calystegia sepium	äußerst häufig		weiß, selten blassrosa	Windengewächs	416

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM BOTANISCHEN NAMEN SORTIERT

Botanischer Name	Name	Häufigkeit	Wasser	Blütenfarbe	Familie	Rothmaler
Aegopodium podagraria	Giersch; Geißfuß	häufig		weiß, selten rosa	Doldengewächs	369
Alliaria petiolata	Knoblauchsrauke	sehr häufig		weiß	Kreuzblütengewächs	151
Arctium lappa	Klette. große	sehr häufig		rotviolett	Korbblütengewächs	545
Arctium minus	Klette, kleine	äußerst häufig		rotviolett	Korbblütengewächs	545
Arctium tomentosum	Klette, filzige; Filz-Klette	häufig		rotviolett	Korbblütengewächs	545
Armoracia rusticana (lapathifolia)	Meerrettich, echter	äußerst häufig		weiß	Kreuzblütengewächs	160
Artemesia vulgaris	Gemeiner Beifuß	äußerst häufig		gelblich oder rotbraun	Korbblütengewächs	532
Atriplex prostata	Melde, Spieß-	häufig		grünlich	Gänsefußgewächs	119
Ballota nigra	Schwarznessel	häufig		purpurn	Lippenblütengewächs	480
Calystegia sepium	Zaunwinde	äußerst häufig		weiß, selten blassrosa	Windengewächs	416
Carduus crispus	Distel, krause	sehr häufig		purpurrot	Korbblütengewächs	547
Chaerophyllum temulum	Kälberkropf, Taumel- o. betäubender; Heckenkälberkropf	sehr häufig		weiß	Doldengewächs	358
Chelidonium majus	Schöllkraut, großes	äußerst häufig		gelblich	Mohngewächs	59
Chenopodium bonus-henricus	Guter Heinrich, Dorf-Gänsefuß	häufig		grün	Gänsefußgewächs	112

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM BOTANISCHEN NAMEN SORTIERT / SEITE 2

Botanischer Name	Name	Häufigkeit	Wasser	Blütenfarbe	Familie	Rothmaler
Chenopodium polyspermum	Gänsefuß, vielsamiger	sehr häufig		grünlich	Gänsefußgewächs	113
Cirsium vulgare	Kratzdistel, gemeine; Lanzett-Kratzdistel	äußerst häufig		purpurrot	Korbblütengewächs	549
Epilobium hirsutum	Weidenröschen, rauhhaariges oder zottiges	äußerst häufig	Ü	tiefrosa	Nachtkerzengewächs	347
Epilobium roseum	Weidenröschen, rosenrotes	sehr häufig	Ü	erst weißlich, dann rosa	Nachtkerzengewächs	349
Eupatorium cannabinum	Wasserdost, gemeiner	äußerst häufig		rosarot (schmutzig) bis kupferrot oder fast weißlich	Korbblütengewächs	501
Galinsoga parviflora	Kleinblütiges Franzosenkraut	sehr häufig		weiß, Röhrenblüten gelb	Korbblütengewächs	515
Geranium pyrenaicum	Storchschnabel, Pyrenäen-	häufig		violett	Storchschnabelgewächs	338
Humulus lupulus	Hopfen, gemeiner	äußerst häufig	Ü	grünlich, Staubbeutel gelb	Hanfgewächs	72
Lamium maculatum	Taubnessel, gefleckte	sehr häufig		purpurn	Lippenblütengewächs	478
Lolium multiflorum	Weidelgras, welsches; italienisches Raygras; vielblütiger Lolch	äußerst häufig			Süßgräser	682
Malva neglecta	Weg-Malve; Käse-Pappel	sehr häufig		rosa bis weiß	Malvengewächs	202
Myosoton aquaticum	Wasserdarm, gemeiner	sehr häufig	Ü	weiß, Staubbeutel gelblich oder blasslila	Nelkengewächs	78
Petasites hybridus	Pestwurz, gemeine	sehr häufig	Ü	rötlichweiß	Korbblütengewächs	503
Poa annua	Rispengras, einjähriges	äußerst häufig			Süßgräser	592
Polygonum hydropiper	Wasserpfeffer; Pfefferknöterich	äußerst häufig	W	grünlich	Knöterichgewächs	134
Polygonum lapathifolium	Ampfer-Knöterich	äußerst häufig		rosa oder grünlich weiß	Knöterichgewächs	133
Robinia pseudoacacia	Robinie	äußerst häufig		weiß	Schmetterlingsblütengewächs	308
Rumex obtusifolius	Ampfer, stumpfblättriger	äußerst häufig		grünlich	Knöterichgewächs	126

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM BOTANISCHEN NAMEN SORTIERT / SEITE 3

Botanischer Name	Name	Häufigkeit	Wasser	Blütenfarbe	Familie	Rothmaler
Senecio vulgaris	Greiskraut, gemeines	äußerst häufig		hellgelb	Korbblütengewächs	511
Silene dioica	Lichtnelke, rote	äußerst häufig		rot	Nelkengewächs	100
Solanum dulcamara	Nachtschatten, bittersüßer	häufig	W	violett, am Grunde grün gefleckt	Nachtschattengewächs	432
Solanum nigrum	Nachtschatten, schwarzer	häufig		weiß	Nachtschattengewächs	431
Sonchus oleraceus	Gänsedistel, Kohl-	äußerst häufig		hellgelb	Korbblütengewächs	565
Stellaria media	Vogelmiere; Vogel-Sternmiere	äußerst häufig		weiß, Staubbeutel rot- oder grauviolett	Nelkengewächs	76
Symphytum officinale	Beinwell, gemeiner	äußerst häufig		rötlichviolett oder gelblichweiß	Boretschgewächs	428
Torilis japonica	Klettenkerbel, gemeiner	äußerst häufig		weiß bis hellpurpurn	Doldengewächs	360
Urtica dioica	Brennnessel, große	äußerst häufig		grün	Brennnesselgewächs	74
Urtica urens	Brennnessel, kleine	äußerst häufig		grün	Brennnesselgewächs	74
Viola odorata	Veilchen, wohlriechendes; März-Veilchen	häufig		dunkelviolett, selten weiß o. rosa	Veilchengewächs	148

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DER BLÜTENFARBE SORTIERT, BEI UNTERSCHIEDLICHEN FARBEN MEHRFACHNENNUNG.

Blütenfarbe	Name	Botanischer Name	Wasser	Häufigkeit	Familie	Rothmaler
gelb, hell	Greiskraut, gemeines	Senecio vulgaris		äußerst häufig	Korbblütengewächs	511
gelb, hell	Gänsedistel, Kohl-	Sonchus oleraceus		äußerst häufig	Korbblütengewächs	565
gelblich	Schöllkraut, großes	Chelidonium majus		äußerst häufig	Mohngewächs	59
gelblich oder rotbraun	Gemeiner Beifuß	Artemesia vulgaris		äußerst häufig	Korbblütengewächs	532
gelblichweiß oder rötlichviolett	Beinwell, gemeiner	Symphytum officinale		äußerst häufig	Boretschgewächs	428
grasfarben	Weidelgras, welsches; italienisches Raygras; vielblütiger Lolch	Lolium multiflorum		äußerst häufig	Süßgräser	682
grasfarben	Rispengras, einjähriges	Poa annua		äußerst häufig	Süßgräser	592

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM BLÜTENFARBE SORTIERT, BEI UNTERSCHIEDLICHEN FARBEN MEHRFACHNENNUNG / SEITE 2

Blütenfarbe	Name	Botanischer Name	Wasser	Häufigkeit	Familie	Rothmaler
grün	Guter Heinrich, Dorf-Gänsefuß	Chenopodium bonus-henricus		häufig	Gänsefußgewächs	112
grün	Brennnessel, große	Urtica dioica		äußerst häufig	Brennnesselgewächs	74
grün	Brennnessel, kleine	Urtica urens		äußerst häufig	Brennnesselgewächs	74
grünlich	Melde, Spieß-	Atriplex prostata		häufig	Gänsefußgewächs	119
grünlich	Gänsefuß, vielsamiger	Chenopodium polyspermum		sehr häufig	Gänsefußgewächs	113
grünlich	Wasserpfeffer; Pfefferknöterich	Polygonum hydropiper	W	äußerst häufig	Knöterichgewächs	134
grünlich	Ampfer, stumpfblättriger	Rumex obtusifolius		äußerst häufig	Knöterichgewächs	126
grünlich,	Staubbeutel gelb Hopfen, gemeiner	Humulus lupulus	Ü	äußerst häufig	Hanfgewächs	72
purpurn	Schwarznessel	Ballota nigra		häufig	Lippenblütengewächs	480
purpurn	Taubnessel, gefleckte	Lamium maculatum		sehr häufig	Lippenblütengewächs	478
purpurn, hell, bis weiß	Klettenkerbel, gemeiner	Torilis japonica		äußerst häufig	Doldengewächs	360
purpurrot	Distel, krause	Carduus crispus		sehr häufig	Korbblütengewächs	547
purpurrot	Kratzdistel, gemeine; Lanzett-Kratzdistel	Cirsium vulgare		äußerst häufig	Korbblütengewächs	549
rötlichviolett oder gelblichweiß	Beinwell, gemeiner	Symphytum officinale		äußerst häufig	Boretschgewächs	428
rötlichweiß	Pestwurz, gemeine	Petasites hybridus	Ü	sehr häufig	Korbblütengewächs	503
rosa, anfangs weißlich	Weidenröschen, rosenrotes	Epilobium roseum	Ü	sehr häufig	Nachtkerzengewächs	349
rosa bis weiß	Weg-Malve; Käse-Pappel	Malva neglecta		sehr häufig	Malvengewächs	202
rosa, blass, meist weiß	Zaunwinde	Calystegia sepium		äußerst häufig	Windengewächs	416
rosa, meist weiß	Giersch; Geißfuß	Aegopodium podagraria		häufig	Doldengewächs.	369
rosa, selten, meist dunkelviolett oder weiß	Veilchen, wohlriechendes; März-Veilchen	Viola odorata		häufig	Veilchengewächs	148

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM BLÜTENFARBE SORTIERT, BEI UNTERSCHIEDLICHEN FARBEN MEHRFACHNENNUNG / SEITE 3

Blütenfarbe	Name	Botanischer Name	Wasser	Häufigkeit	Familie	Rothmaler
rosa, tiefrosa	Weidenröschen, rauhhaariges oder zottiges	Epilobium hirsutum	Ü	äußerst häufig	Nachtkerzengewächs	347
rosarot (schmutzig) bis kupferrot oder fast weißlich	Wasserdost, gemeiner	Eupatorium cannabinum		äußerst häufig	Korbblütengewächs	501
rot	Lichtnelke, rote	Silene dioica		äußerst häufig	Nelkengewächs	100
rotbraun oder gelblich	Gemeiner Beifuß	Artemesia vulgaris		äußerst häufig	Korbblütengewächs	532
rotviolett	Klette, große	Arctium lappa		sehr häufig	Korbblütengewächs	545
rotviolett	Klette, kleine	Arctium minus		äußerst häufig	Korbblütengewächs	545
rotviolett	Klette, filzige; Filz-Klette	Arctium tomentosum		häufig	Korbblütengewächs	545
violett	Storchschnabel, Pyrenäen-	Geranium pyrenaicum		häufig	Storchschnabelgewächs	338
violett, am Grunde grün gefleckt	Nachtschatten, bittersüßer	Solanum dulcamara	W	häufig	Nachtschattengewächs	432
violettdunkel, selten weiß oder rosa	Veilchen, wohlriechendes; März-Veilchen	Viola odorata		häufig	Veilchengewächs	148
weiß	Knoblauchsrauke	Alliaria petiolata		sehr häufig	Kreuzblütengewächs	151
weiß	Meerrettich, echter	Armoracia rusticana (lapathifolia)		äußerst häufig	Kreuzblütengewächs	160
weiß	Kälberkropf, Taumel- oder betäubender; Heckenkälberkropf	Chaerophyllum temulum		sehr häufig	Doldengewächs	358
weiß	Robinie	Robinia pseudoacacia		äußerst häufig	Schmetterlingsblütengewächs	308
weiß	Nachtschatten, schwarzer	Solanum nigrum		häufig	Nachtschattengewächs	431
weiß bis hellpurpurn	Klettenkerbel, gemeiner	Torilis japonica		äußerst häufig	Doldengewächs	360
weiß bis rosa	Weg-Malve; Käse-Pappel	Malva neglecta		sehr häufig	Malvengewächs	202
weiß, Röhrenblüten gelb	Kleinblütiges Franzosenkraut	Galinsoga parviflora		sehr häufig	Korbblütengewächs	515
weiß, selten blassrosa	Zaunwinde	Calystegia sepium		äußerst häufig	Windengewächs	416

STICKSTOFFZEIGERPFLANZEN, NACH DEM BLÜTENFARBE SORTIERT, BEI UNTERSCHIEDLICHEN FARBEN MEHRFACHNENNUNG / SEITE 4

Blütenfarbe	Name	Botanischer Name	Wasser	Häufigkeit	Familie	Rothmaler
weiß, selten, meist dunkelviolett oder rosa	Veilchen, wohlriechendes; März-Veilchen	Viola odorata		häufig	Veilchengewächs	148
weiß, selten rosa	Giersch; Geißfuß	Aegopodium podagraria		häufig	Doldengewächs	369
weiß, Staubbeutel gelblich oder blasslila	Wasserdarm, gemeiner	Myosoton aquaticum		sehr häufig	Nelkengewächs	78
weiß, Staubbeutel rot- oder grauviolett	Vogelmiere; Vogel-Sternmiere	Stellaria media		äußerst häufig	Nelkengewächs	76
weiß-grünlich oder rosa	Ampfer-Knöterich	Polygonum lapathifolium		äußerst häufig	Knöterichgewächs	133
weißlich, fast bis rosarot (schmutzig) bis kupferrot	Wasserdost, gemeiner	Eupatorium cannabinum		äußerst häufig	Korbblütengewächs	501
weißlich, später rosa	Weidenröschen, rosenrotes	Epilobium roseum	Ü	sehr häufig	Nachtkerzengewächs	349

1.7 EMPFEHLUNG FÜR DIE BESCHAFFUNG VON CHEMIKALIEN UND GERÄTEN ZUR BODENANALYSE UND PROTOKOLLBÖGEN FÜR DIE BODENANALYSEN

KLAUS PRANKEL

Der VISOCOLOR® Bodenanalysekoffer

„Schulen für eine Lebendige Elbe“ arbeitete u. a. mit dem VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung. Für die Beschaffung des Bodenanalysekoffers spricht, dass alle für Bodenuntersuchungen mit Schülern sinnvollen Geräte und Chemikalien in ihm enthalten sind. Das reicht von einem Bodensieb über eine Waage, Messzylinder und Spatel bis zum festen Papier zum Trocknen der eingewogenen Bodenproben. Dieses „Komplettangebot“ – in Zusammenhang mit einer ausgezeichneten Anleitung und in einem übersichtlich organisierten Plastikhartschalenkoffer – erleichtert die Durchführung der Bodenuntersuchungen enorm.

Der Koffer ermöglicht die Ermittlung folgender Parameter:

- Bodenfeuchte
- Bodendichte
- pH-Wert
- Nitrat
- Nitrit
- Ammonium
- Phosphor
- Kalium
- Bodenart (Sedimentationsanalyse zur Feststellung der Zusammensetzung des Bodens)

Die Testkitts erreichen für die Schule hinreichende Genauigkeit. Dies ergibt sich aus Vergleichsmessungen an identischen Proben durch Dr. Christian Hoffmann von der Arbeitsgruppe Bodenkunde & Standortkunde/Bodenschutz des Instituts für Ökologie und Biologie der TU Berlin.

Der Koffer kostet ca. 420 Euro (ohne MWSt.) und ist somit für Schulverhältnisse zunächst relativ teuer. Die Möglichkeiten und die Einfachheit der Bedienung lassen den Preis aber als angemessen erscheinen.

Unsere Recherchen bei einigen einschlägigen Laborartikelanbietern ergaben, dass diese den Koffer zum Teil unterhalb des Herstellerpreises (MACHEREY-NAGEL) anbieten, der Preisunterschied liegt bei ca. 10 Euro.

Man kann sowohl beim Hersteller als auch z. B. bei der Fa. Th. Geyer alle Artikel einzeln kaufen, die sich in dem Koffer befinden, und kommt so zu einem Preis von 385 - 400 Euro (ohne MWSt.), muss sich dann aber noch einen Koffer zum Transport der Gegenstände kaufen, der mit mindestens 20 Euro zu Buche schlägt, so dass man wieder auf ca. 420 Euro kommt. Der Aufwand lohnt sich bei der Erstanschaffung nicht, da der mitgelieferte Koffer auch eine sehr übersichtliche tiefgezogene Plastikform beinhaltet, die ein Ordnunghalten sehr vereinfacht. Die Gebinde bei der Nachbestellung sind z. T. größer als in der Erstausstattung – also kostengünstiger! (vgl. folgende Tabelle).

1.7 EMPFEHLUNG FÜR DIE BESCHAFFUNG VON CHEMIKALIEN UND GERÄTEN ZUR BODENANALYSE UND PROTOKOLLBÖGEN FÜR DIE BODENANALYSEN

PREISE UND GEBINDEGRÖSSEN DER FIRMA MACHEREY-NAGEL
(PREISLISTE APRIL 2002, Preise ohne MWSt.**)**

Bezeichnung	Menge	Art.-Nr.	Preis pro Packung
VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung komplett mit umfangreichem Handbuch		914601	432,00 Euro

Preise und Mengen bei Nachbestellung für den VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung bei MACHEREY-NAGEL:

Bezeichnung	Menge	Art.-Nr.	Preis pro Packung (in Euro)	Mengen im Original-Koffer
Kartonzuschnitte 24 x 32cm	10 Stück	914658	8,40	
$CaCl_2$ Vorratslösung	3 x 100 ml	914612	13,00	100 ml
CAL Vorratslösung	4 x 100 ml	914614	25,50	100 ml
Reagenziensatz VISOCOLOR® HE pH 4 - 10		920174	34,90	
Reagenziensatz VISOCOLOR® HE Phosphor in Boden		920183	40,60	
Pyrophosphatlösung	3 x 30 ml	914611	11,00	
Reagenziensatz VISOCOLOR® Kalium		914244	20,30	
QUANTOFIX® Ammonium (inkl. Reagenzien)		91315	26,70	
QUANTOFIX® Nitrat/Nitrit		91313	16,60	
Faltenfilter MN 616 1/4 18,5 cm Durchmesser	100	532018	18,20	100
pH-Fix 2 - 9	100 Teststäbchen	92118	6,10	100
Bodensieb (2 mm Maschenweite)		914650	25,50	1
Spritzflasche 500 ml mit Spritzeinsatz		91689	4,80	1
Waage 250 g		914651	27,10	1
Probenbecher 250 ml	Packung à 5 Stück	914652	11,50	2
Dosen 500 ml f. Bodenproben	Packung à 5 Stück	914653	11,00	1
Schüttelflaschen 300 ml	Packung à 5 Stück	914654	13,00	2
Messzylinder 100 ml mit Fuß	Packung à 2 Stück	914655	12,50	2
Kunststoffschaufel		914656		2
Trichter 80 mm Durchmesser aus Kunststoff	Packung à 3 Stück	914657	10,40	2
VISOCOLOR® HE-Komparatorblock		920402	3,10	
VISOCOLOR® HE-Messröhrchen mit Schraubverschluss	Packung à 10 Stück	920401	28,10	4
Sedimentationsrohre mit Schraubverschluss	Packung à 2 Stück	914659	8,40	1
Doppelspatel Metall		91694	5,20	1
Kalium-Messröhrchen 2 - 15 mg/l K^+		914444	10,40	1
Proberöhrchen zur Ammonium-Bestimmung		915499	3,10	
Spritze 10 ml mit Schlauch		914660		1
Spritze 5 ml		914661		1
Spritze 1 ml mit Spitze		914662		1
Kunststofflöffel (Messlöffel) schwarz für K-Bestimmung	Packung à 10 Stück	914663	4,20	1
		Summe	**399,60 Euro**	

Weiter verbilligen lässt sich der Einsatz des Koffers durch das Selbstherstellen der für einige Extraktionen benötigten Calciumchloridlösung (0,0125 mol/l).

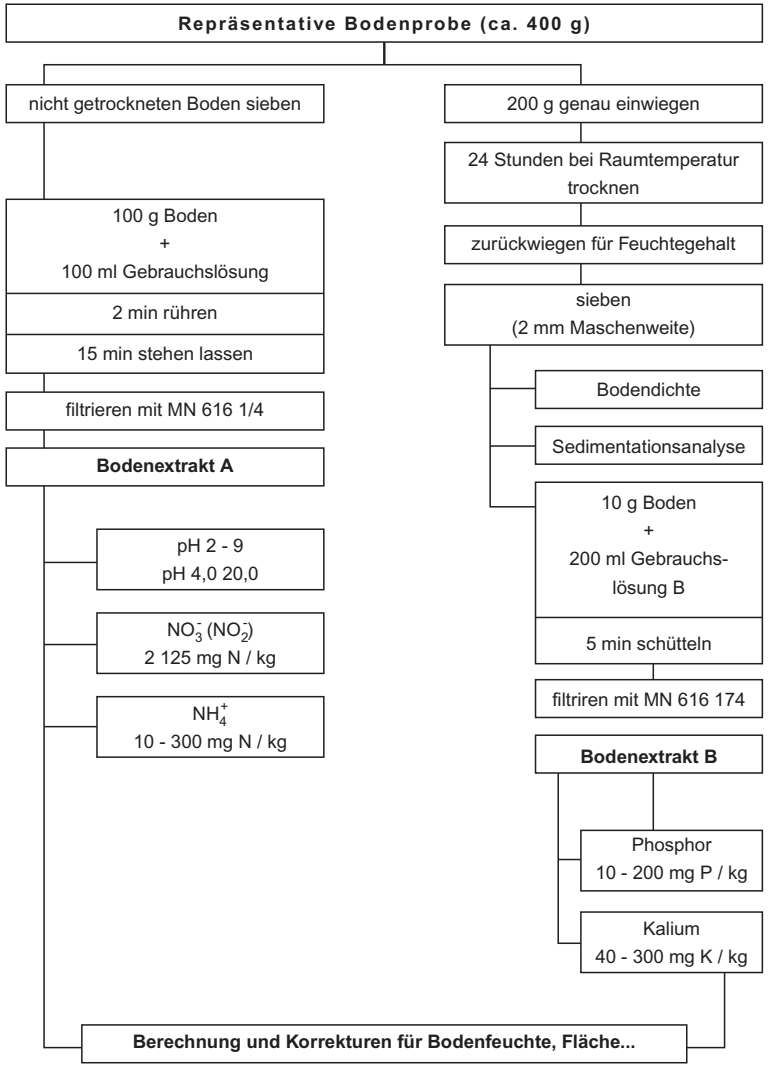
Im Fachhandel kosten 250 g $CaCl_2$ reinst. ca. 7 Euro (ohne MwSt.). Da man etwa 7 g $CaCl_2$ zur Herstellung eines Liters gebrauchsfertiger Extraktionslösung benötigt, kann man ca. 35,7 l gebrauchsfertiger Lösung herstellen. Für eine Extraktion werden aber nur 100 ml benötigt, so dass man für ca. 7 Euro etwa 357 Extraktionen durchführen kann.

(Beim Kauf der $CaCl_2$-Vorratslösung beim Hersteller kosten 3 x 300 ml Vorratslösung, mit denen man 300 Untersuchungen machen kann, ohne MWSt. 13 Euro).

Als zusammenfassende Empfehlung lässt sich folgendes aussprechen:

1. Den Koffer komplett als Erstanschaffung bestellen.
2. Verbrauchsmaterialien beim Hersteller oder beim Fachhandel nachkaufen.
3. $CaCl_2$-Vorratslösung selbst herstellen.
4. Die preislichen Unterschiede zwischen den verschiedenen Anbietern sind so gering, dass ein Zusammenkaufen der einzelnen Bestandteile bei unterschiedlichen Firmen den Aufwand hierfür nicht rechtfertigen würde.

Verlaufsschema zur Arbeit mit dem VISOCOLOR® - Bodenanalysekoffer



BODENANALYSEPROTOKOLL 1.7.1
ERHEBUNGSBOGEN FÜR VISOCOLOR® BODENKOFFER

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Probennehmer: _____

Standort: _____

Datum/Ort: _____

Die hier angegebenen Nummern (z. B. 2.2) beziehen sich auf die Abschnittsnummerierung im Bodenkoffer-Arbeitsbuch (Seite 1/104 ff).

2.2 BODENFEUCHTE

Trockengewicht
(nach 16 - 24 h (ausgehend von 200 g Einwaage)):_____**g**

2.4 BODENDICHTE

abgelesenes Gewicht (g) - 100 g (Voreinstellung) = **Bodengewicht (g)**

_____ **g** - 100 g (Voreinstellung) = _____ **g**

Bodengewicht (g) / Volumen (z. B. 100 ml) = **Bodendichte (kg/dm^3)**

_____ g / 100 ml = _____**(kg/dm^3)**

2.6 pH-WERT

Coloriemetrisch : _____;
Teststäbchen : _____;
Hellige pH-Meter : _____;

2.7 NITRAT UND NITRIT (pflanzenverfügbare Anteile im Boden)

Nitrat: abgelesener Wert: _____mg NO_3^- /l
Nitrit: abgelesener Wert: _____mg NO_2^- /l

2.8 AMMONIUM (pflanzenverfügbare Anteile im Boden)

abgelesener Wert: _____mg NH_4^+ /l

2.10 PHOSPHOR

abgelesener Wert: _____mg P/100 g

2.11 KALIUM

abgelesener Wert: _____mg K/l

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

2.12 SEDIMENTATIONSANALYSE

nach 18 Sekunden Sedimentation: *(ankreuzen)*

	Marke	Sand (%)	Bodenart
○	E	100 - 91	Sand
○	D	90 - 87	anlehmiger Sand
○	C	86 - 82	lehmiger Sand
○		81 - 77	stark lehmiger Sand
○	B	76 - 71	sandiger Lehm
○		70 - 54	Lehm
○	A	55 - 40	schwerer Lehm
○		40 - 0	Ton

Zusatzmessung – nicht im Bodenanalysekoffer enthalten!

KALKGEHALT

(CALCIUMCARBONAT – $CaCO_3$ nach ENSSLIN ET AL.**)**

Etwa ein Teelöffel Boden in eine Petrischale geben.
Mit Pipette einige ml 10%ige Salzsäure darauf tropfen
(1 Teil konz. HCl und 3 Teile Aqua dest.).

Zutreffendes ankreuzen!

	Reaktion	Kalkgehalt	Beurteilung
○	kein Aufbrausen	unter 1%	kalkarm
○	schwaches, kurzes Aufbrausen	1 - 3%	schwach kalkhaltig
○	deutliches, vergängliches Aufbrausen	3 - 5%	kalkhaltig
○	starkes, anhaltendes Aufbrausen	über 5%	stark kalkhaltig

AUSWERTUNGSBOGEN FÜR VISOCOLOR® BODENKOFFER

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Probennehmer: _____

Standort: _____

Datum/Ort: _____

2.2 BODENFEUCHTE

Trockengewicht (nach 16-24 h): _____g

Einwaage feucht (200 g) - Trockengewicht (g) x 100 / Einwaage feucht (200 g) = _____**% Bodenfeuchte**

Bei allen Analysewerten, die aus feuchten Bodenproben ermittelt wurden (außer pH-Wert), ist es erforderlich, die Bodenfeuchte bei den Messwerten zu berücksichtigen. Das erfolgt durch die Multiplikation der Messwerte mit einem Feuchtefaktor entsprechend den folgenden Tabellen.

Bodenextrakt A *Mischung: Boden + Extraktionslösung = 1 + 1*

$CaCl_2$-Extrakt

Bodenfeuchte (%)	2	4	6	8	10
Faktor	1,04	1,08	1,13	1,17	1,22
Bodenfeuchte (%)	12	14	16	18	20
Faktor	1,27	1,33	1,38	1,44	1,50
Bodenfeuchte (%)	22	24	26		
Faktor	1,56	1,63	1,70		

2.4 BODENDICHTE

abgelesenes Gewicht (g) - 100 g (Voreinstellung) = **Bodengewicht (g)**

_____ **g** - 100 g (Voreinstellung) = _____ **g**

Bodengewicht (g) / Volumen (z. B. 100 ml) = Bodendichte **(kg/dm³)**

$\frac{\text{g}}{100\ \text{ml}}$ = _____ (kg/dm^3)

2.6 pH-WERT (zur Beurteilung vergl. Tab.1 (S. 3; 1/102)

Kolorimetrisch: _____

Teststäbchen: _____

Hellige pH-Meter: _____

2.7 NITRAT UND NITRIT (pflanzenverfügbare Anteile im Boden)

Nitrat:

abgelesener Wert: _____**mg NO_3^-/l** x 0,23 = _____**mg NO_3^-/kg**

Der abgelesene Wert in mg/l entspricht gleichzeitig kg NO_3^-/ha bezogen auf eine Bodenschicht von 30 cm Dicke.

Korrektur für Bodenfeuchte: *abgelesener Wert x Faktor* aus Tab. „Bodenextrakt A“ auf dieser Seite.

_____ x _____ = _____**mg NO_3^-/kg**

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Nitrit:

abgelesener Wert: _____mg NO_2^-/l x 0,30 = **_____mg NO_2^-/kg**

Korrektur für Bodenfeuchte: *abgelesener Wert x Faktor* aus

Tab. „Bodenextrakt A“ von S.1 (1/100)

_____ x _____ = **_____mg NO_2^-/kg**

2.8 AMMONIUM (PFLANZENVERFÜGBARE ANTEILE IM BODEN)

abgelesener Wert: _____mg NH_4^+/l x 0,78 = **_____mg NH_4^+/kg**

Der abgelesene Wert in mg/l multipliziert mit 3,5 entspricht kg NH_4 Stickstoff / ha in einer 30 cm starken Bodenschicht.

Korrektur für Bodenfeuchte: *abgelesener Wert x Faktor* aus

Tab. „Bodenextrakt A“ von S.1 (1/100)

_____ x _____ = **_____mg NH_4^+/kg**

2.10 PHOSPHOR

abgelesener Wert: _____mg P/100 g x 10 = **_____mg P/kg**

Der abgelesene Wert in mg P / 100 g multipliziert mit 2,3 ergibt mg P_2O_5 / 100 g Boden.

abgelesener Wert in mg **P/100 g** x 2,3 = Wert in mg **P_2O_5/100 g**

_____ mg **P/100 g** x 2,3 = _____mg **P_2O_5/100 g**

2.11 KALIUM

abgelesener Wert: _____mg K/l x 20 = **_____mg K/kg**

Der abgelesene Wert in mg K / l multipliziert mit 1,2 ergibt mg K_2O / 100 g Boden.

abgelesener Wert in **mg K/l** x 1,2 = Wert in **mg K_2O /100 g**

_____**mg K/l** x 1,2 = _____ **mg K_2O /100 g**

2.12 SEDIMENTATIONSANALYSE

zur Beurteilung vergl. Tab.2 (S.3)

nach 18 Sekunden Sedimentation: *(ankreuzen)*

	Marke	Sand (%)	Bodenart
○	E	100 - 91	Sand
○	D	90 - 87	anlehmiger Sand
○	C	86 - 82	lehmiger Sand
○		81 - 77	stark lehmiger Sand
○	B	76 - 71	sandiger Lehm
○		70 - 54	Lehm
○	A	55 - 40	schwerer Lehm
○		40 - 0	Ton

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Zusatzmessung

KALKGEHALT (CALCIUMCARBONAT – $CaCO_3$ nach ENSSLIN ET AL.)

Zutreffendes ankreuzen!

	Reaktion	Kalkgehalt	Beurteilung
○	kein Aufbrausen	unter 1%	kalkarm
○	schwaches, kurzes Aufbrausen	1 - 3%	schwach kalkhaltig
○	deutliches, vergängliches Aufbrausen	3 - 5%	kalkhaltig
○	starkes, anhaltendes Aufbrausen	über 5%	stark kalkhaltig

Hilfen zur ersten Beurteilung:

TABELLE 1: EINSTUFUNG DER BÖDEN NACH DEM pH-WERT

Reaktionsbezeichnung	pH	Reaktionsbezeichnung	pH
neutral	7,0	schwach alkalisch	7,1-8,0
sauer	6,9 - 6,0	mäßig alkalisch	8,1-9,0
mäßig sauer	5,9 - 5,0	stark alkalisch	9,1-10,0
stark sauer	4,9 - 4,0	sehr stark alkalisch	10,1-11,0
stark	3,9 - 3,0	extrem alkalisch	>11,0
sauer extrem sauer	< 3,0		

TABELLE 2: MERKMALE DER VERSCHIEDENEN BODENARTEN:

Bodenart	Abk.	Korngrößen	spez. in mm	PV Gewicht	VG (%)	WK (%)
Sand	S	2 - 0,06	2,63	47	1,39	18,8
lehmiger Sand	lS		2,63	50	1,31	21,8
sandiger Lehm	sL	2,64	56	1,15	20,2	
milder Lehm	L	-				
schwerer Lehm	L	-				
Schluff	U	0,06 - 0,002	-			
schluffiger Sand	uS					
Ton	T	< 0,002	2,70	59	1,16	80,9
strenger Ton	T	2,70				
reiner Ton	T	-				

PV = Porenvolumen in %; VG = Volumengewicht; WK = Wasserkapazität in %;

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

TABELLE 3 : ANZUSTREBENDE pH-WERTE (pH-ZIEL VON ACKER UND GRÜNLAND)

Bodenart	**Tongehalt in %**	**pH-Ziel Acker**	**pH-Ziel Grünland**
Mineralböden (bis 4 % Humus):			
Ton, Lehm, tonreicher sandiger Lehm (Löß) (T, L, sL)	> 17	7,0	5,8
stark lehmiger Sand u. stark sand. Lehm, toniger und lehmiger Schluff (IS, sL)	12 - 17	6,5	5,5
schwach lehmiger Sand (IS)	5 - 12	6,0	5,0
Sand (saure Sandböden) (S)	0 - 5	5,5	5,0
Humusreiche Boden (ab 4% Humus):	**Humusgehalt in %**		
Humusreicher Sand	4 - 8	5,5	5,0
sehr humusreicher Sand	8 - 15	5,0	5,0
anmooriger Sand	15 - 30	4,5	4,5
Moor (kalkhaltiges Niedermoor: pH 6 - 7)	> 30	4,0	4,5

Tabellen und Werte auf den Auswertungsbögen, soweit nicht anders angegeben, aus VISOCOLOR® Bodenkoffer Arbeitsbuch, MACHEREY-NAGEL

1.8 BODENKOFFER ARBEITSBUCH – DIE GEBRAUCHSANWEISUNG FÜR DEN VISOCOLOR® ANALYSENKOFFER ZUR BODENUNTERSUCHUNG

1 Der VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung

1.1 Anzahl der möglichen Analysen ..... *Seite 1/105*

1.2 Ausstattung des VISOCOLOR® Bodenkoffers ..... *Seite 1/106*

1.3 Arbeitsschema ..... *Seite 1/107*

2 Durchführung der Bodenuntersuchung

2.1 Probenahme ..... *Seite 1/107*

2.2 Einwiegen und Bestimmung der Bodenfeuchte ..... *Seite 1/108*

2.3 Sieben der Bodenprobe ..... *Seite 1/108*

2.4 Bestimmung der Bodendichte ..... *Seite 1/109*

2.5 Herstellung des Bodenextraktes A ..... *Seite 1/109*

2.6 Bestimmung des pH-Wertes ..... *Seite 1/110*

2.7 Bestimmung von Nitrat/Nitrit ..... *Seite 1/111*

2.8 Bestimmung von Ammonium ..... *Seite 1/112*

2.9 Herstellung des Bodenextraktes B ..... *Seite 1/113*

2.10 Bestimmung von Phosphor ..... *Seite 1/114*

2.11 Bestimmung von Kalium ..... *Seite 1/115*

2.12 Bestimmung der Bodenart/Sedimentationsanalyse ..... *Seite 1/116*

3 Fotometrische Analyse der Bodennährstoffe mit dem NANOCOLOR® Analysensystem

3.1 Herstellung des Bodenextraktes AF ..... *Seite 1/117*

3.2 Bestimmung des pH-Wertes ..... *Seite 1/118*

3.3 Fotometrische Bestimmung von Nitrat ..... *Seite 1/118*

3.4 Fotometrische Bestimmung von Nitrit ..... *Seite 1/119*

3.5 Fotometrische Bestimmung von Ammonium ..... *Seite 1/119*

3.6 Herstellung des Bodenextraktes B ..... *Seite 1/120*

3.7 Fotometrische Bestimmung von Phosphor ..... *Seite 1/120*

3.8 Fotometrische Bestimmung von Kalium ..... *Seite 1/121*

4 Berechnung und Korrektur der Ergebnisse

4.1 Berücksichtigung der Bodenfeuchte ..... *Seite 1/121*

4.2 Umrechnung auf die Fläche ..... *Seite 1/123*

5 Literaturverzeichnis ..... *Seite 1/123*

Der Nachdruck des Bodenkoffer Arbeitsbuchs erfolgt mit Genehmigung der Macherey-Nagel GmbH & Co. KG.

Die hier verwendete Numerierung bezieht sich nur auf diese Unterkapitel, damit diese ggf. als Handbuch ausgedruckt werden kann.

1 DER VISOCOLOR® ANALYSENKOFFER ZUR BODENUNTERSUCHUNG

Dieses tragbare Labor enthält alle Reagenzien, Geräte und Zubehörteile, die zur Herstellung von Bodenextrakten und für die anschließende Bestimmung von Phosphat (P), Kalium (K), Ammonium, Nitrat, Nitrit (N), Bodenstruktur und pH erforderlich sind.

Der Bodenkoffer wurde für die schnelle, einfache und zuverlässige Bodenanalytik im Labor wie im Feld entwickelt. Vor der eigentlichen Analyse müssen die Bodeninhaltsstoffe durch Extraktion mit Calciumchlorid-Lösung oder Calcium-Acetat-Lactat-Lösung in eine wässerige Form überführt werden. Werden aufgrund örtlicher Vorschriften oder geologischer Bedingungen andere Extraktionslösungen als die im Koffer enthaltenen verwendet, so müssen etwa abweichende Verdünnungsfaktoren berücksichtigt werden. Die Bestimmungen der Bodenparameter erfolgen entweder mit kolorimetrischen Schnelltests oder mit einfach anzuwendenden Teststreifen. Diese analytischen Methoden bieten eine ausreichende Genauigkeit für die schnelle Bewertung der Nährstoffverhältnisse im Boden.

Neben der visuellen Auswertung können die mit dem Analysenkoffer erstellten Bodenextrakte auch fotometrisch untersucht werden. NANOCOLOR® Fotometer und Reagenzien sind nicht Bestandteil des Analysenkoffers, können aber separat bezogen werden.

1.1 Anzahl der möglichen Bestimmungen

Extraktionslösungen

Bodenextrakt A

(für pH, Ammonium, Nitrit, Nitrat)

1 Liter Gebrauchslösung A + 100 ml $CaCl_2$ -Vorratslösung,

ausreichend für 110 Bodenproben

Nachfüllpackung Art.-Nr. 914 612

3 x 100 ml $CaCl_2$ –Vorratslösung, ausreichend für 300 Bodenproben

Bodenextrakt B

(für Kalium und Phosphor)

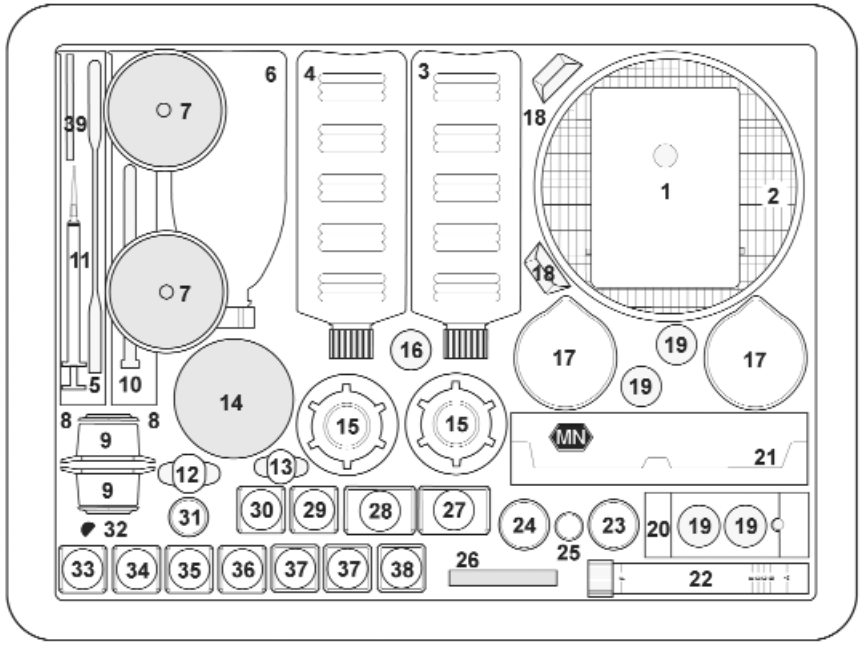
1 Liter Gebrauchslösung B + 100 ml CAL-Vorratslösung,

ausreichend für 7 Bodenproben

Nachfüllpackung Art.-Nr. 914 614

4 x 100 ml CAL-Vorratslösung, ausreichend für 10 Bodenproben

Einzelparameter			**Art.-Nr.**
pH	100	Bestimmungen, Nachfüllpackung	920 174
Nitrat	100	Bestimmungen, Nachfüllpackung	913 13
Nitrit	100	Bestimmungen, Nachfüllpackung	913 13
Ammonium	100	Bestimmungen, Nachfüllpackung	913 15
Kalium	60	Bestimmungen, Nachfüllpackung	914 244
Phosphor	100	Bestimmungen, Nachfüllpackung	920 183

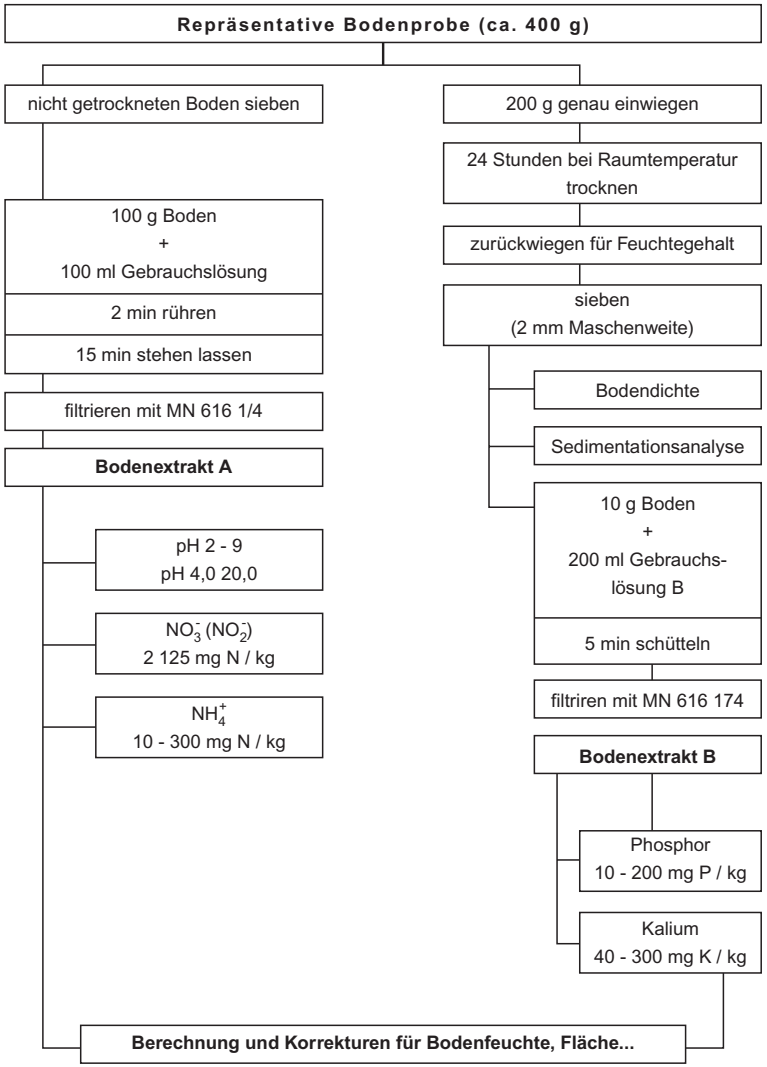


1.2 Ausstattung des VISOCOLOR® Bodenkoffers

Der VISOCOLOR® Analysenkoffer zur Bodenuntersuchung enthält die folgenden Teile:

Nr.	Artikel	Art.-Nr.
1	Waage	914 651
2	Bodensieb	914 650
3	Gebrauchslösung B (CAL-Lösung)	–
4	Gebrauchslösung A ($CaCl_2$-Lösung)	–
5	Doppelspatel aus Metall	916 94
6	Spritzflasche für destilliertes Wasser	916 89
7	Trichter, 80 mm Ø	914 657
8	Messzylinder 100 ml	914 655
9	Füße für Messzylinder	
10	Glasstampfer (zur Sedimentationsanalyse)	–
11	Spritze 1 ml, mit Spitze	914 662
12	Spritze 10 ml	914 660
13	Spritze 5 ml	914 661
14	Dose 500 ml, für Bodenproben	914 653
15	Schüttelflaschen 300 ml	914 654
16	Proberöhrchen für die Kaliumbestimmung	914 496
17	Becher 250 ml, zur Bodeneinwaage	914 652
18	Kunststoffschaufeln	914 656
19	HE-Messröhrchen für pH und Phosphor	920 401
20	HE-Komparatorblock für pH und Phosphor	920 402
21	Faltenfilter MN 616 1/4	532 018
22	Sedimentationsrohr	914 659
23	Teststäbchen QUANTOFIX® Nitrat/Nitrit	913 13
24	Teststäbchen QUANTOFIX® Ammonium	913 15
25	Messröhrchen für Kalium	914 444
26	pH-Fix 2,0 - 9,0	921 18
27	CAL-Vorratslösung	914 614
28	$CaCl_2$-Vorratslösung	914 612
29	Reagenz Ammonium-1	913 15
30	Pyrophosphatlösung	914 611
31	Proberöhrchen für Ammonium	915 499
32	Messlöffel für die Kaliumbestimmung	914 663
33	Reagenz Phosphat P-1	920 183
34	Reagenz Phosphat P-2	920 183
35	Reagenz Phosphat P-K	
36	Reagenz pH 4 - 10	920 174
37	Reagenz Kalium-1	914 244
38	Reagenz Kalium-2	914 244
39	Schlauch für Spritzen	–

1.3 Arbeitschema



2 DURCHFÜHRUNG DER BODENUNTERSUCHUNG

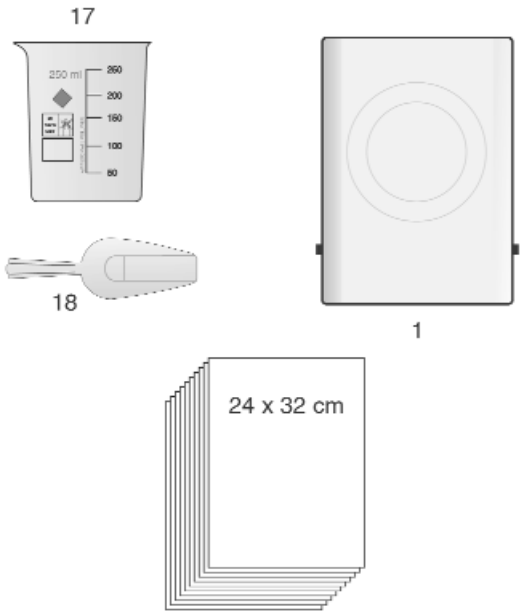
2.1 Probenahme

Es wird eine Anzahl von Einzelproben von verschiedenen Stellen der zu untersuchenden Fläche genommen und gemischt. Proben sollten nicht nach lang anhaltenden starken Regenfällen genommen werden. Bodenproben von Ackerland werden nach der Ernte und vor der Düngung untersucht. Auf Grünland können sowohl im Winter und Frühjahr, aber auch nach jedem Schnitt bis zum Herbst Proben genommen werden. Die Entnahmetiefe beträgt bei Rasen und Grünland 10 cm, bei Ackerland 15 - 30 cm und bei Gemüsebeeten und Sträuchern 30 cm.

Die Proben lassen sich mit dem Spaten entnehmen, für die Untersuchung der tieferen Bodenschichten 30 - 60 cm und 60 - 90 cm sind Erdbohrer erforderlich. Vor der Bodenanalyse werden alle untypischen Teile wie Steine, Pflanzenteile und Fremdkörper (Glas, Metall, Kunststoffe etc.) aus der Probe entfernt. Die Probe wird dann eingewogen und getrocknet, und es werden die Bodenfeuchte und die Bodendichte bestimmt (siehe Kapitel 2.2 und 2.4).

2.2 Einwiegen der Probe und Bestimmung der Bodenfeuchte

- Waage (1) aufklappen (seitliche Knöpfe eindrücken)
- Kunststoffbecher (17) aufstellen
- mit Rändelrad auf NULL tarieren
- mit Hilfe der Kunststoffschaufel (18) die benötigte Bodenmenge einwiegen



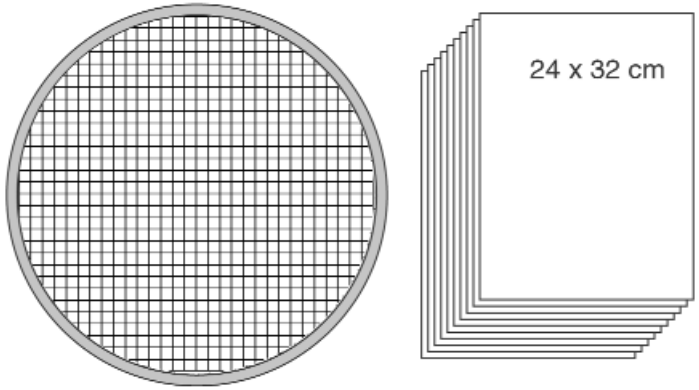
Bestimmung der Bodenfeuchte

200 g Bodenprobe einwiegen und auf einem der im Deckel des Analysenkoffers untergebrachten Kartonzuschnitte (24 x 32 cm) gleichmäßig verteilen, größere Erdklumpen zerdrücken und bei Raumtemperatur 16 - 24 Stunden in einem gut belüfteten Raum trocknen. Nach dem Trocknen die Bodenprobe in den austarierten Messbecher zurückschütten, Gewicht feststellen.

Berechnung der Bodenfeuchte:

(Einwaage feucht [g] - Trockengewicht [g]) / Einwaage feucht [g]))
x 100 = % Bodenfeuchte

2.3 Sieben der Bodenprobe

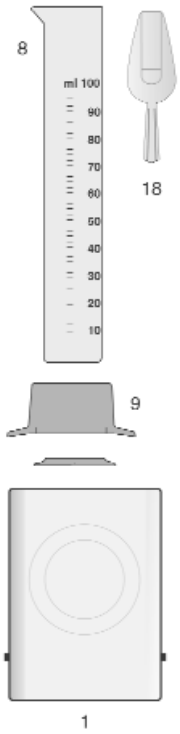


Vor der Herstellung der Bodenextrakte und der Bestimmung der Bodendichte und Bodenstruktur (Sedimentation) wird die Probe gesiebt. Die Maschenweite beträgt 2 mm. Dadurch werden alle Partikel größer als 2 mm aus der Probe entfernt. Analysenwerte aus gesiebten Proben führen zu besserer Vergleichbarkeit, da Genauigkeit und Präzision der Einzeluntersuchung zunimmt.

Die luftgetrocknete Probe portionsweise auf das Sieb (2) geben, größere Erdklumpen vorsichtig zerdrücken. Boden durchsieben auf eine saubere Kartonunterlage 24 x 32 cm (die Sie im Deckel des Analysenkoffers finden). Siebrückstände verwerfen. Das so gewonnene Material dient zur Herstellung der Bodenextrakte.

2.4 Bestimmung der Bodendichte

Böden bestehen aus Körnern verschiedener Größe und Form. Aus den spezifischen Gewichten der Teile und den von Größe und Form abhängigen Leerräumen (Porenvolumen) ergeben sich die unterschiedlichen Bodendichten (kg/dm^3). Beim Bodenkoffer wird die Dichte aus lufttrockenen gesiebten Böden ermittelt.



Durchführung:

- 100-ml-Messzylinder (8) in den roten Kunststoff-Fuß (9) einstecken.
- Messzylinder auf die Waage (a) stellen,
- auf 100 g einstellen,
- gesiebten Boden mit der Plastikschaufel (18) in den Messzylinder einfüllen.
- Durch mehrfaches vorsichtiges Aufstoßen des Messzylinders auf eine feste Unterlage den Boden verdichten, bis die 100-ml-Markierung erreicht ist, oder das eingefüllte Volumen ablesen.
- Oberfläche ggf. ohne Druck einebnen (reicht die Bodenmenge nicht aus, das erreichte Volumen notieren).
- Messzylinder auf die Waage stellen,
- Gewicht ablesen.

Berechnung:

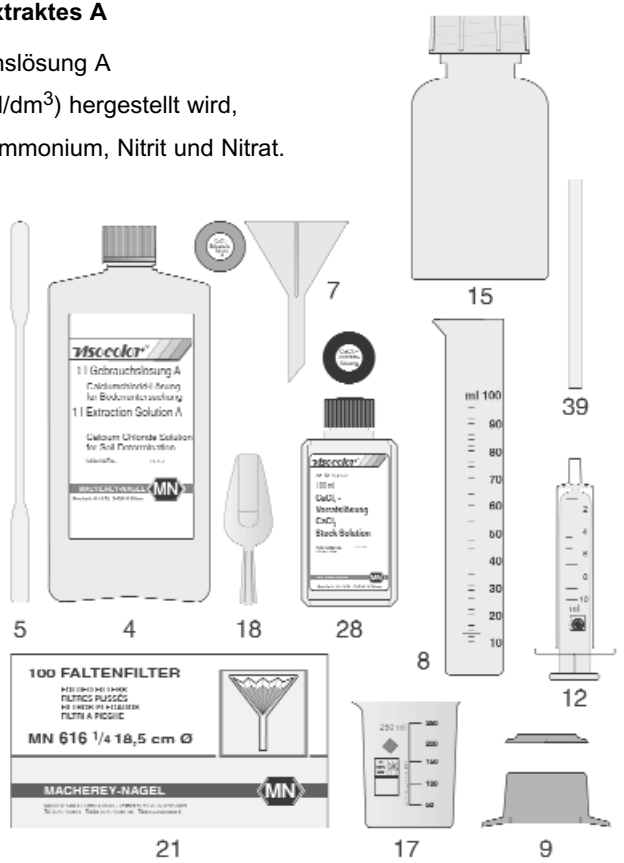
Bodendichte = ermitteltes Gewicht der Probe / Volumen der Probe

2.5 Herstellung des Bodenextraktes A

Bodenextrakt A, der mit Gebrauchslösung A (Calciumchloridlösung 0,0125 mol/dm^3) hergestellt wird, dient zur Analyse von pH-Wert, Ammonium, Nitrit und Nitrat.

Herstellung der Gebrauchslösung:

Mit der Kunststoffspritze (12) 10 ml $CaCl_2$ -Vorratslösung (28) in die Flasche A (4) überführen und 1 l destilliertes Wasser zugeben, mischen.



Herstellung des Bodenextraktes:

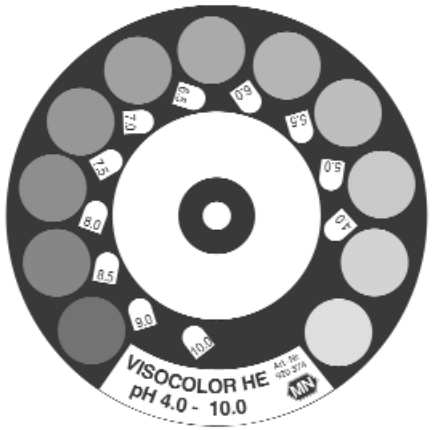
Der Bodenextrakt A wird aus der nicht getrockneten Bodenprobe hergestellt. Die Bodenprobe sollte nicht zu nass sein und – wenn möglich – gesiebt werden.

- Alle groben und untypischen Teile entfernen.
- Von der so vorbereiteten Bodenprobe 100 g in einem Kunststoffbecher (17) einwiegen,
- 100 ml Gebrauchslösung A zugeben.
- Mit dem Metallspatel (5) ca. 2 min kräftig durchrühren,

- 15 min stehen lassen, in dieser Zeit noch mehrmals durchrühren.
- Einen Trichter (7) auf einen Messzylinder 100 ml (8) setzen
- und ein Faltenfilter MN 616 1/4 (21) einlegen.
- Die Suspension in das Faltenfilter gießen. Sollte das Filtrat bei Filtrationsbeginn zu trübe sein, nochmals in den Filter zurückgießen.

Eine leichte Färbung oder Trübung lässt sich bei bestimmten Böden nicht vermeiden. Die nachfolgend beschriebenen Bestimmungen werden dadurch nicht gestört. Sollten sich besonders problematische Böden aufgrund ihres hohen Schluff- oder Tonanteils nicht filtrieren lassen, empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

- Suspension in den Messzylinder überführen,
- längere Zeit (z. B. über Nacht) stehen lassen
- und den klaren oder leicht trüben Überstand für die Analyse verwenden (mit 10 ml Spritze abziehen, vorher beiliegenden Schlauchabschnitt (39) auf die Spritze stecken. Hinterher Spritze mehrmals mit Wasser spülen).

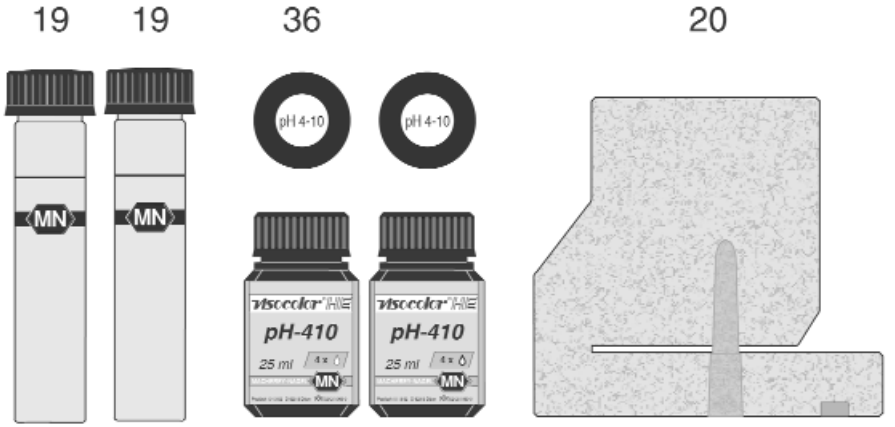


2.6 Bestimmung des pH-Wertes

Der pH-Wert wird in Bodenextrakt A entweder kolorimetrisch oder mit pH-Indikatorstäbchen gemessen.

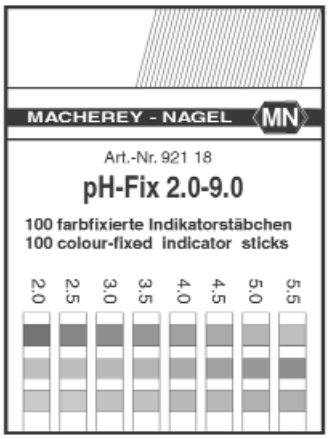
Durchführung:

- Farbscheibe pH 4,0 - 10,0 (die sich im Deckel des Analysenkoffers befindet) in den VISOCOLOR® HE-Komparatorblock (20) einlegen.
- Beide Messgläser (19) mit Bodenextrakt A füllen und in den Komparatorblock stellen (sollte der Bodenextrakt farblos sein, kann das linke Glas mit klarem Wasser gefüllt werden).
- 4 Tropfen pH 4 - 10 (36, die zweite Flasche findet sich in 17) in das rechte Glas geben,
- Glas verschließen,
- mischen.



- Messwert ablesen: In der Durchsicht von oben Farben beider Gläser vergleichen und die Farbscheibe solange drehen, bis Farbgleichheit erreicht ist.
- Messwert an der Markierung der Vorderseite des Komparatorblocks ablesen.

31



26

Zwischenwerte lassen sich schätzen. Nach Gebrauch beide Rundgläser gründlich spülen und verschließen.

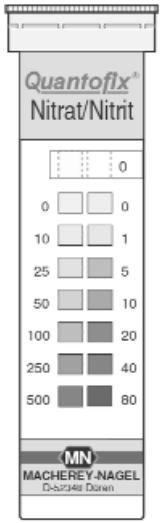
Bei Messwerten unterhalb pH 4,5 erfolgt eine weitere Messung mit Teststäbchen pH-Fix 2,0 - 9,0 (26).

- Gefäß mit Ringmarkierung (31) ca. 3 cm hoch mit Bodenextrakt A füllen,
- pH-Teststäbchen in das Gefäß stellen,
- nach 5 min Teststäbchen herausnehmen
- und mit der Farbskala vergleichen,
- pH-Wert ablesen.

Hinweis: Soll die Messung mit einem elektrometrischen pH-Messgerät durchgeführt werden, so stellt man die Bodensuspension abweichend von Bodenextrakt A im Verhältnis 2 + 5 her, z. B. aus 20 g Boden und 50 ml Gebrauchslösung A. Auch der Bodenextrakt AF ist verwendbar (siehe Seite 1/117).

2.7 Bestimmung von Nitrat und Nitrit

Die Nitrat-/Nitrit-Konzentration wird in Bodenextrakt A mit Teststäbchen QUANTOFIX® Nitrat/Nitrit (23) bestimmt.



23

Durchführung:

- Das Teststäbchen ca. 1 s in den Bodenextrakt A eintauchen.
- Nach 60 s Testfeld mit der Farbskala vergleichen:
- Bei Anwesenheit von Nitrat- oder Nitrit-Ionen färbt sich das Testfeld rotviolett.
- Das äußere Testfeld (am Stäbchenende) zeigt den Nitrat-Gehalt an, das innere Testfeld zeigt den Nitrit-Gehalt.

Bitte beachten:

- Packung nach der Entnahme sofort wieder fest verschließen.
- Testfelder nicht mit den Fingern berühren.

Berechnung der Ergebnisse:

Nitrat-Gehalt in mg/l NO_3^- ablesen und mit 0,23 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg N zu erhalten.

z. B. 100 mg/l NO_3^- x 0,23 = 23,0 mg/kg N

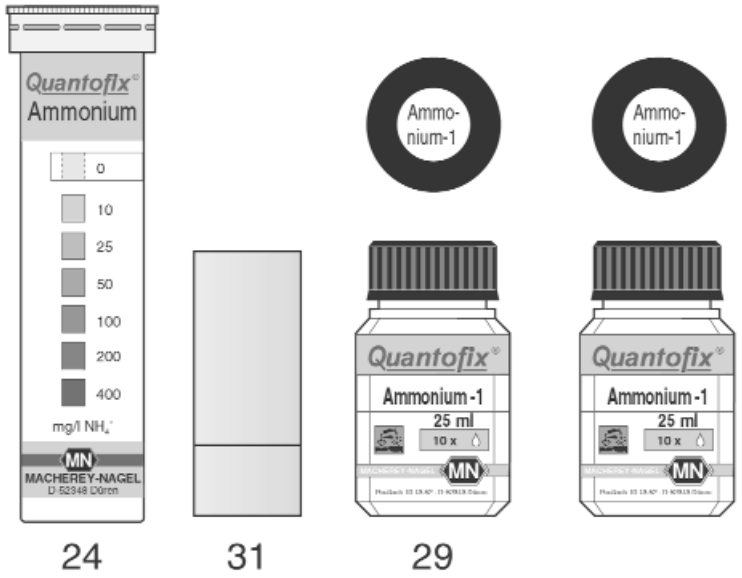
Nitrit-Gehalt in mg/l NO_2^- ablesen und mit 0,30 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg N zu erhalten.

2.8 Bestimmung von Ammonium

Zur Messung des Ammoniums im Bodenextrakt A dienen die Teststäbchen QUANTO-FIX® Ammonium (24)

Durchführung:

- Messgefäß (31) mit dem Bodenextrakt A bis zur 5-ml-Markierung füllen.
- 10 Tropfen Ammonium-1 (29, die zweite Flasche befindet sich in 17) zugeben und vorsichtig umschwenken.
- Teststäbchen 5 Sekunden in die vorbereitete Prüflösung eintauchen.
- Testfeld mit der Farbskala vergleichen,
- Messwert ablesen.
- Bei Anwesenheit von Ammonium färbt sich das Testpapier braun.
- Aluminiumdose nach der Entnahme sofort wieder fest verschließen. Testfeld nicht mit den Fingern berühren.



Berechnung des Ergebnisses:

Ammonium-Gehalt in mg/l NH_4^+ ablesen u. mit 0,78 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg N zu erhalten.

z. B. 100 mg/l NH_4^+ x 0,78 = 78 mg/kg N

2.9 Herstellung des Bodenextraktes B

Bodenextrakt B, der mit Gebrauchslösung B (CAL-Lösung = Calcium-Acetat-Lactat, 0,05 mol/dm^3) hergestellt wird, dient zur Analyse von Phosphor und Kalium.

Herstellung der Extraktionslösung:

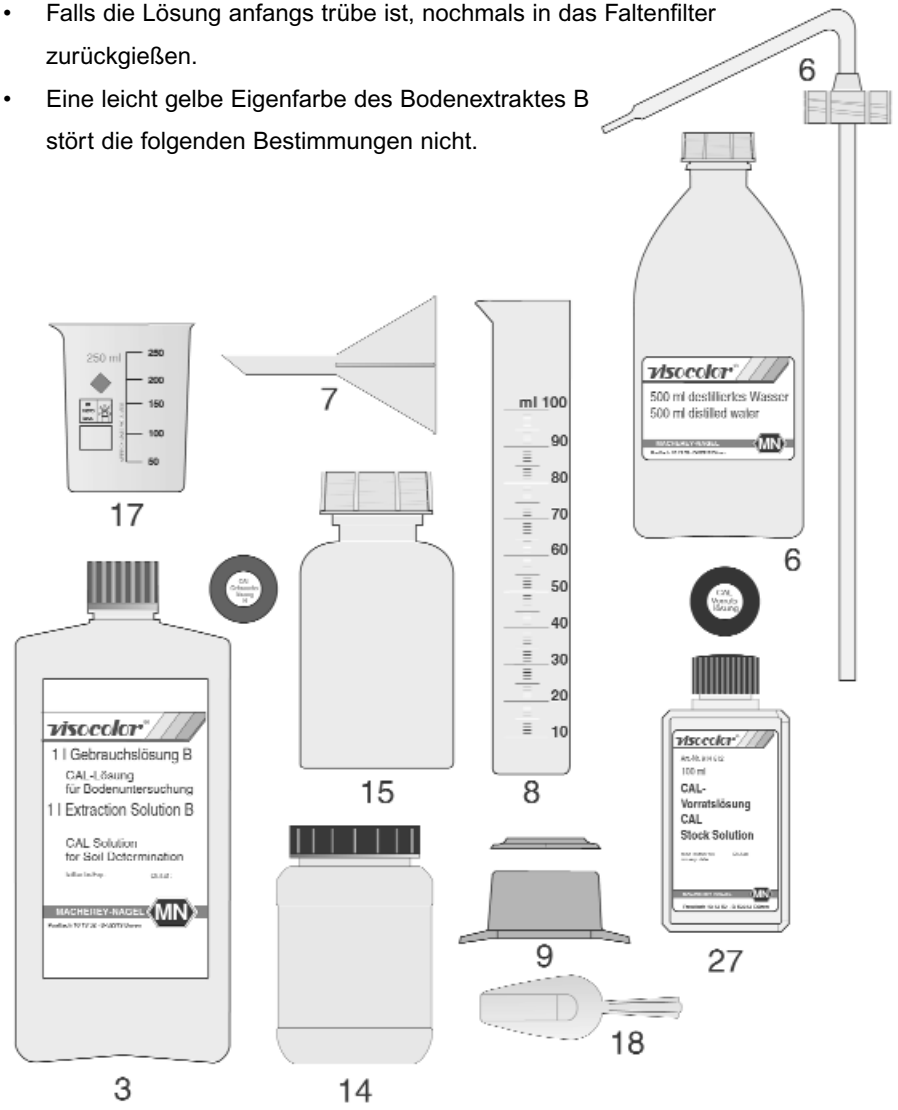
- 2 x 100 ml CAL-Vorratslösung (27) in die Flasche B (3) überführen
- und 0,8 l destilliertes Wasser (6) zugeben,
- mischen
- (oder 100 ml CAL-Vorratslösung mit 400 ml dest. Wasser mischen).

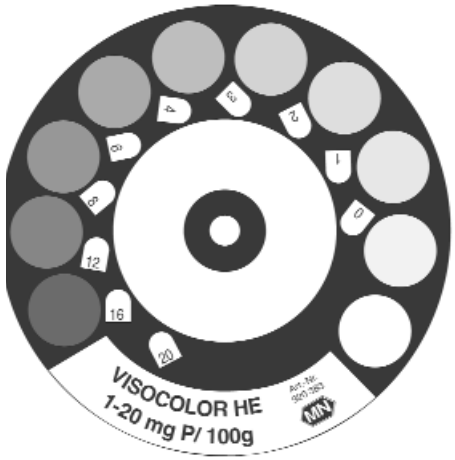
Hinweis: Sollten in der Gebrauchslösung B Flocken oder Niederschläge auftreten, Lösung verwerfen. Flasche mehrmals mit heißem Wasser spülen, Lösung frisch ansetzen.

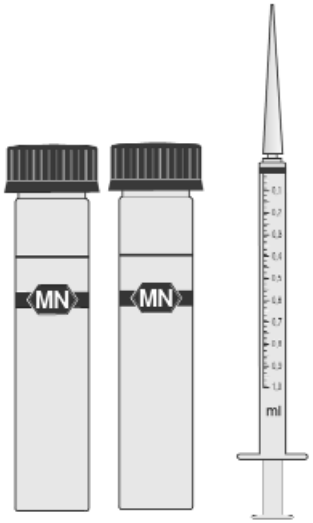
Herstellung des Bodenextraktes:

Normalerweise soll zur Entfernung des Bodenwassers der Boden bei 105 °C getrocknet werden. Da aber in den wenigsten Fällen ein Trockenschrank zur Verfügung steht, genügt auch eine Trocknung über Nacht bei Raumtemperatur.

- In eine Schüttelflasche (15) 10 g des lufttrockenen, gesiebten Bodens einwiegen.
- Mit Hilfe des Messzylinders (8) 200 ml Gebrauchslösung B zugeben,
- Schüttelflasche verschließen.
- Schüttelflasche 5 min kräftig schütteln,
- Feststoffe kurz absetzen lassen.
- Kunststofftrichter (7) in einen 100 ml Messzylinder (8) stellen,
- ein Faltenfilter MN 616 1/4 (21) einlegen.
- Suspension filtrieren.
- Falls die Lösung anfangs trübe ist, nochmals in das Faltenfilter zurückgießen.
- Eine leicht gelbe Eigenfarbe des Bodenextraktes B stört die folgenden Bestimmungen nicht.

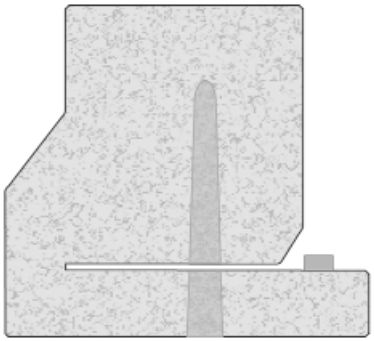






19 19 11

33 34 35



20

2.10 Bestimmung des Phosphors

Die Phosphoranalyse erfolgt mit einem kolorimetrischen Testbesteck.

Durchführung:

- Zwei Messröhrchen (19) in den Komparatorblock (20) stellen,
- die im Deckel des Koffers befindliche Farbscheibe einlegen.
- Mittels der Kunststoffspritze 1 ml (11) in beide Messröhrchen 1,6 ml Bodenextrakt B einfüllen,
- mit destilliertem Wasser bis zum Markierungsstrich auffüllen.
- 6 Tropfen P-1 (33) zum rechten Messröhrchen geben, mischen.
- 6 Tropfen P-2 (34) zum rechten Messröhrchen geben, mischen.
- 6 Tropfen P-K (35) zum linken Messröhrchen geben, mischen.
- Nach 10 Minuten Messwert ablesen; in der Durchsicht von oben die Farben beider Gläser vergleichen und die Farbscheibe solange drehen, bis Farbgleichheit erreicht ist.
- Messwert an der Markierung der Vorderseite des Komparatorblocks ablesen. Zwischenwerte lassen sich abschätzen.
- Nach Gebrauch Messröhrchen gründlich spülen und verschließen. Für die Säuberung der Messröhrchen keine phosphathaltigen Spülmittel verwenden.

Berechnung des Ergebnisses:

Phosphorgehalt in mg/100 g P ablesen und mit 10 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg P zu erhalten.

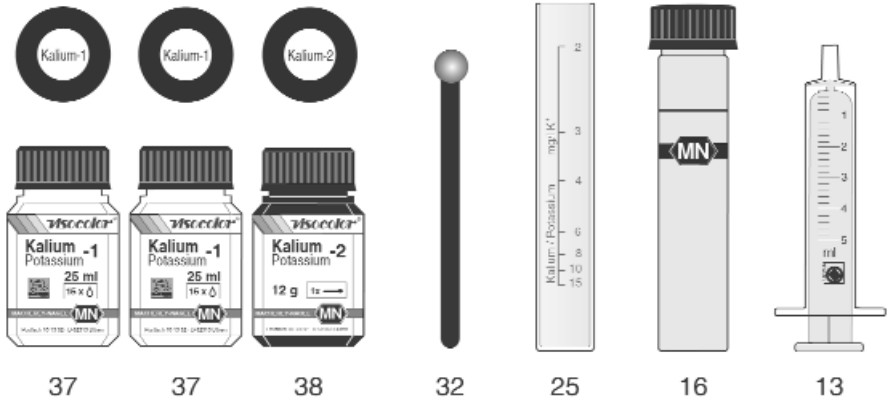
z. B. 6 mg / 100 g P x 10 = 60 mg/kg P

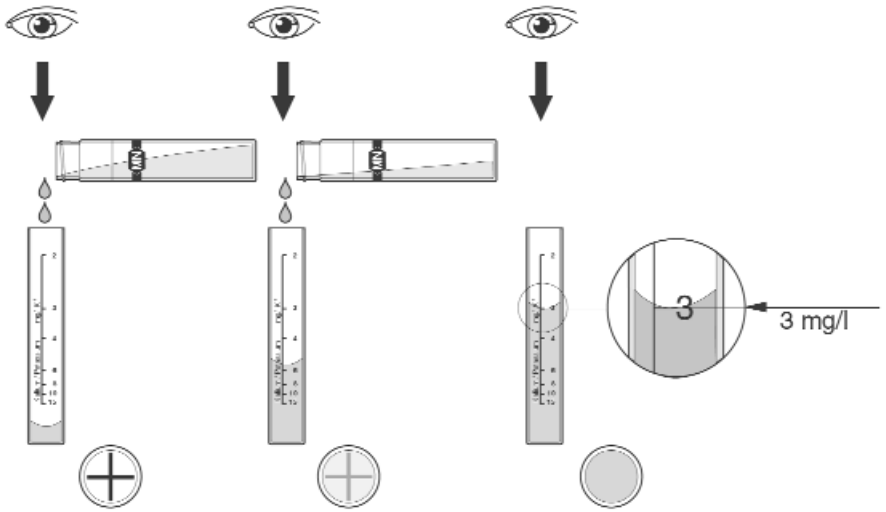
2.11 Bestimmung des Kaliums

Die Bestimmung des Kaliums erfolgt nephelometrisch, d. h., die durch das Kalium hervorgerufene Trübung wird beurteilt.

Durchführung:

- Ein sauberes Proberöhrchen (16) mit Bodenextrakt B bis zur Ringmarkierung auffüllen (16,8 ml).
- 15 Tropfen Kalium-1 (37) in das Proberöhrchen geben,
- verschließen, mischen.
- Einen gestrichenen Messlöffel Kalium-2 (38) in das Proberöhrchen geben, verschließen
- und ca. 30 s nicht zu heftig schütteln (nach dem Schüttelvorgang sollen auf dem Boden des Proberöhrchens keine Reagenzreste mehr sichtbar sein).





- Aus den Proberöhrchen solange die Flüssigkeit in das Kalium-Messröhrchen (25) gießen, bis das schwarze Kreuz am Boden des Messröhrchens gerade unsichtbar wird (Durchsicht von oben).
- Auf der Skala des Messröhrchens den Kaliumgehalt ablesen (Meniskusunterkante).

Berechnung des Ergebnisses:

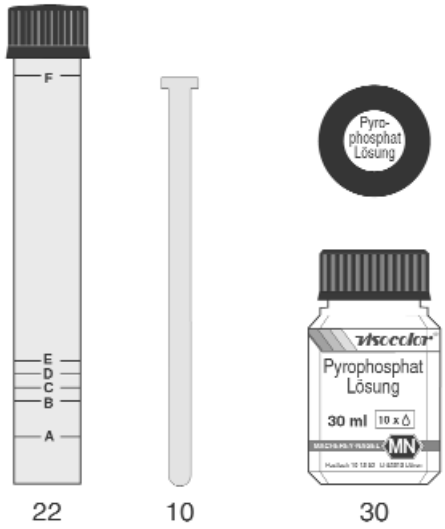
Kaliumgehalt in mg/l K ablesen und mit 20 multiplizieren, um das Ergebnis in mg/kg K zu erhalten.

z. B. 3 mg/l K x 20 = 60 mg/kg K

2.12 Bestimmung der Bodenart (Sedimentationsanalyse)

Durchführung:

- Eine Bodenprobe wird im Sieb mit den Fingern zerrieben und von Grobbodenteilen (Steinchen etc.) befreit.
- Die zerdrückte Probe wird in das Prüfglas (22) gegeben
- und mit dem Glasstampfer (10) ein wenig gestaucht. Es muss so viel Boden im Prüfglas sein, dass die Markierung E erreicht wird.
- Gegebenenfalls muss das Prüfglas mehrfach in der Handfläche kräftig gestaucht werden.
- Anschließend wird mit Wasser bis zur Markierung F unter dem Deckel des Prüfglases aufgefüllt.
- Eine Zugabe von 10 Tropfen Pyrophosphatlösung (30) verhindert eine Ausflockung der Tonteilchen.
- Das Glas wird verschraubt und kräftig geschüttelt, bis sich Boden und Wasser gleichmäßig verteilt haben.
- Bei stark lehmigen Böden werden die Proben zunächst „eingeweicht“ und dann kräftig geschüttelt. Das Schütteln wird dann plötzlich unterbrochen und das Prüfglas in senkrechte Lage gebracht.
- Nach 18 Sekunden haben sich die Sandpartikel abgesetzt; die Höhe der Sandfraktion hat nach diesen 18 Sekunden eine der unteren 4 Markierungen erreicht.



- Wir lesen den Kennbuchstaben ab und entnehmen die Bodenart aus der folgenden Tabelle.

Die verschlossenen Probegläser können (besonders bei schweren Böden) nach einigen Tagen im Labor nochmals nachgemessen werden, wenn sich auch die Tonfraktionen gesetzt haben. Dann zeigt sich die Trennung aller Fraktionen im Glas sehr deutlich. In diesem Fall kann das Volumenverhältnis der Fraktionen „Sand“ und „Abschlämmbares“ genauer bestimmt werden.

Beispiel:	Einfüllhöhe = E	nach 18 s = Markierung A	
	Beurteilung:	Sand:	< 40%
		Abschlämmbares:	> 60%
		Bodenart:	Ton

Abgrenzung der Bodenarten nach dem deutschen Bodenschätzungsgesetz [3] [6]

	Marke	Sand (%)	Bodenart
○	E	100 - 91	Sand
○	D	90 - 87	anlehmiger Sand
○	C	86 - 82	lehmiger Sand
○		81 - 77	stark lehmiger Sand
○	B	76 - 71	sandiger Lehm
○		70 - 54	Lehm
○	A	55 - 40	schwerer Lehm
○		40 - 0	Ton

3 FOTOMETRISCHE ANALYSE DER BODENNÄHRSTOFFE MIT DEM NANOCOLOR® SYSTEM

Zur Ermittlung des Versorgungsgrades und des Düngerbedarfs der Böden genügt die mit dem VISOCOLOR® Analysenkoffer praktizierte kolorimetrische Analysenmethode vollauf den Ansprüchen.

Für weitergehende Untersuchungen bietet das NANOCOLOR® System ein komplettes Programm an Fotometern und Reagenzien für die fotometrische Bodenuntersuchung.

Die folgenden Abschnitte beschreiben die Herstellung der Bodenextrakte und die Verwendung der NANOCOLOR® Reagenzien für die fotometrische Analytik.

3.1 Herstellung des Bodenextraktes AF

Bodenextrakt AF, der mit Gebrauchslösung A (Calciumchloridlösung 0,0125 mol/l, s. S.1/109) hergestellt wird, weicht in seiner Zusammensetzung von Bodenextrakt A ab. Er dient ebenfalls zur Analyse von pH-Wert, Ammonium, Nitrit und Nitrat.

Durchführung:

- Der Bodenextrakt AF wird aus der nicht getrockneten Bodenprobe hergestellt.
- Die Bodenprobe sollte nicht zu nass sein und – wenn möglich – gesiebt werden.
- Alle groben und untypischen Teile entfernen.
- Von der so vorbereiteten Bodenprobe 100 g in eine Schüttelflasche einwiegen.
- Mit Hilfe des Messzylinders 200 ml Gebrauchslösung A zugeben.
- Schüttelflasche verschließen,
- 5 min kräftig schütteln, Feststoffe kurz absetzen lassen.
- Kunststofftrichter in einen Messzylinder 100 ml stellen,
- ein Faltenfilter MN 616 1/4 einlegen.
- Suspension filtrieren.
- Falls die Lösung anfangs trübe ist, nochmals in das Faltenfilter zurückgießen.

Filtrat = Bodenextrakt AF

3.2 Bestimmung des pH-Wertes

Der pH-Wert wird auch in Bodenextrakt AF entweder kolorimetrisch oder mit pH-Indikatorstäbchen gemessen. Eine fotometrische Bestimmung des pH-Wertes im Boden ist nicht möglich.

Durchführung:

- Farbscheibe pH 4,0 - 10,0 in den VISOCOLOR® HE-Komparatorblock einlegen.
- Beide Messgläser mit Bodenextrakt A füllen und in den Komparatorblock stellen (sollte der Bodenextrakt farblos sein, kann das linke Glas mit klarem Wasser gefüllt werden).
- 4 Tropfen pH 4 - 10 in das rechte Glas geben,
- Glas verschließen, mischen.
- Messwert ablesen:
- In der Durchsicht von oben die Farben beider Gläser vergleichen und die Farbscheibe solange drehen, bis Farbgleichheit erreicht ist.
- Messwert an der Markierung der Vorderseite des Komparatorblocks ablesen.
- Zwischenwerte lassen sich schätzen.
- Nach Gebrauch beide Rundgläser gründlich spülen und verschließen.

Bei Messwerten unterhalb pH 4,5 erfolgt eine weitere Messung mit Teststäbchen pH-Fix 2,0 - 9,0.

- Gefäß mit Ringmarkierung ca. 3 cm hoch mit Bodenextrakt AF füllen,
- pH-Teststäbchen in das Gefäß stellen,
- nach 5 min Teststäbchen herausnehmen
- und mit der Farbskala vergleichen, pH-Wert ablesen.

3.3 Fotometrische Bestimmung von Nitrat

Messung des Nitrat-Stickstoffs mit dem Reagenziensatz NANOCOLOR® Nitrat 50 (Art.-Nr. 985 064)

- Anleitung auf dem Beipackzettel des Reagenziensatzes befolgen.
- Blindwert aus 0,5 ml Bodenextrakt AF und 0,5 ml dest. Wasser in einer leeren Rundküvette ansetzen.

Vorprogrammierte Fotometer

NANOCOLOR® Linus, 400 D, 350 D, 300 D, 250 D

Wellenlänge	365 / 385 nm
Methode 644	1 - 44 mg/kg Boden
Methode 645	4,5 - 200 kg N/ha Boden

Andere Fotometer

Wellenlänge	385 nm
angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 2 multiplizieren:	1 - 44 mg/kg Boden
angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 9 multiplizieren:	4,5 - 200 kg/ha Boden

3.4 Fotometrische Bestimmung von Nitrit

Messung des Nitrit-Stickstoffs mit dem Reagenziensatz NANOCOLOR® Nitrit 2 (Art.-Nr. 985 068)

- Anleitung auf dem Beipackzettel des Reagenziensatzes befolgen.

Vorprogrammierte Fotometer

NANOCOLOR® Linus, 400 D, 350 D, 300 D, 250 D

Wellenlänge	540 nm
Methode 683	0,02 - 0,9 mg N/kg Boden

Andere Fotometer

Wellenlänge	540 nm
angezeigtes Ergebnis in mg/l N mit 2 multiplizieren:	0,02 - 0,9 mg N/kg Boden

3.5 Fotometrische Bestimmung von Ammonium

Messung des Ammonium-Stickstoffs mit den Reagenziensätzen NANOCOLOR® Ammonium 10/50 (Art.-Nr. 985 004/985 005)

- Anleitung auf dem Beipackzettel des Reagenziensatzes befolgen.
- Sollte der Bodenextrakt AF trübe sein, muß er vor der Analyse mit Hilfe eines Membranfilters 0,45 µm (Art.-Nr. 916 50) filtriert werden.
- Der anzuwendende Test richtet sich nach dem zu erwartenden Ammonium-Gehalt.
- Bei höherem Gehalt wird Test 0-05 angewendet, bei geringerem Gehalt kommt Test 0 - 04 zum Einsatz.

Vorprogrammierte Fotometer

NANOCOLOR® Linus, 400 D, 350 D, 300 D, 250 D

Wellenlänge	690 nm	
Test 0-04	Methode 046	0,4 - 16 mg N/kg Boden
	Methode 047	1,8 - 72 kg N/ha Boden
Test 0-05	Methode 056	2 - 80 mg N/kg Boden
	Methode 057	9 - 360 kg N/ha Boden

Andere Fotometer

Wellenlänge	690 nm
Test 0-04	angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 2 multiplizieren: 0,4 - 16 mg N/kg Boden
Test 0-05	angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 2 multiplizieren: 2 - 80 mg N/kg Boden

3.6 Herstellung des Bodenextraktes B

Bodenextrakt B, der mit Gebrauchslösung B (CAL-Lösung = Calcium-Acetat-Lactat, 0,05 mol/dm^3) hergestellt wird, dient zur Analyse von Phosphor und Kalium.

Herstellung der Extraktionslösung:

- 2 x 100 ml CAL-Vorratslösung in die Flasche B überführen
- und 0,8 l destilliertes Wasser zugeben,
- mischen, (oder 100 ml CAL-Vorratslösung mit 400 ml dest. Wasser mischen).

Hinweis: Sollten in der Gebrauchslösung B Flocken oder Niederschläge auftreten, Lösung verwerfen. Flasche mehrmals mit heißem Wasser spülen, Lösung frisch ansetzen.

Herstellung des Bodenextraktes:

Normalerweise soll zur Entfernung des Bodenwassers der Boden bei 105 °C getrocknet werden. Da aber in den wenigsten Fällen ein Trockenschrank zur Verfügung steht, genügt auch eine Trocknung über Nacht bei Raumtemperatur.

- In eine Schüttelflasche 10 g des lufttrockenen, gesiebten Bodens einwiegen.
- Mit Hilfe des Messzylinders 200 ml Gebrauchslösung B zugeben,
- Schüttelflasche verschließen und 5 min kräftig schütteln,
- Feststoffe kurz absetzen lassen.
- Kunststofftrichter in einen Messzylinder 100 ml stellen,
- ein Faltenfilter 616 1/4 einlegen.
- Suspension filtrieren.
- Falls die Lösung anfangs trübe ist, nochmals in den Faltenfilter zurückgießen.
- Eine leicht gelbe Eigenfarbe des Bodenextraktes B stört die folgenden Bestimmungen nicht.

3.7 Fotometrische Bestimmung von Phosphor

Messung des Phosphors mit dem Reagenziensatz NANOCOLOR® Phosphat 15 (Art.-Nr. 985 80)

- Anleitung auf dem Beipackzettel des Reagenziensatzes befolgen.

Vorprogrammierte Fotometer

NANOCOLOR® Linus, 400 D, 350 D, 300 D, 250 D

Wellenlänge	690 nm
Methode 807	1,4 - 69 mg P_2O_5 /100 g Boden
	(angezeigtes Ergebnis mit 4,3 multiplizieren:
	6 - 300 mg P/kg Boden)
Methode 808	60 - 1.560 kg P_2O_5/ha Boden

Andere Fotometer

Wellenlänge	690 nm
	angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 46 multiplizieren:
	14 - 690 mg P_2O_5/kg Boden
	angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 20 multiplizieren:
	6 - 300 mg P/kg Boden

3.8 Fotometrische Bestimmung von Kalium

Messung des Kaliums mit dem NANOCOLOR® Reagenziensatz
Kalium 50 (Art.-Nr. 985 045)

- Anleitung auf dem Beipackzettel des Reagenziensatzes befolgen.

Vorprogrammierte Fotometer

NANOCOLOR® Linus, 400 D, 350 D, 300 D, 250 D

Wellenlänge	690 nm
Methode 452	5 - 120 mg K_2O/100g Boden
	(angezeigtes Ergebnis mit 8,3 multiplizieren:
	40 - 1000 mg K / kg Boden)

Andere Fotometer

Wellenlänge	690 nm
	angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 24 multiplizieren:
	50 - 1.200 mg K_2O/kg Boden
	angezeigtes Ergebnis in mg/l mit 20 multiplizieren:
	40 - 1.000 mg K/kg Boden

4 BERECHNUNG UND KORREKTUR DER ERGEBNISSE

4.1 Berücksichtigung der Bodenfeuchte

Die Nährstoffgehalte der Böden lassen sich nur vergleichen und bewerten, wenn sie auf den gleichen Ausgangszustand des Bodens in Hinsicht auf den Wassergehalt bezogen werden.

Die Bodenextrakte A und AF werden aus nicht getrockneten Bodenproben hergestellt, da die Gefahr besteht, dass sich einige Parameter bei der Trocknung zu stark verändern. Bei allen Analysenwerten, die aus feuchten Bodenproben ermittelt wurden (außer pH-Wert), ist es erforderlich, die Bodenfeuchte bei den Messergebnissen zu berücksichtigen. Das erfolgt durch Multiplikation der Messwerte mit einem Feuchtefaktor entsprechend den folgenden Tabellen. Der Faktor hängt von der gemäß Kapitel 2.2 ermittelten Bodenfeuchte ab.

Berechnung:

Messwert in mg / kg x Feuchtefaktor = korrigiertes Ergebnis

Faktoren zur Korrektur der Bodenfeuchte

$CaCl_2$

Bodenextrakt A	Mischungsverhältnis 1 + 1				
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	2	4	6	8	10
Faktor	1.04	1.08	1.13	1.17	1.22
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	12	14	16	18	20
Faktor	1.27	1.33	1.38	1.44	1.50
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	22	24	26		
Faktor	1.56	1.63	1.70		

CAL

Bodenextrakt B	Mischungsverhältnis 1 + 20				
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	2	4	6	8	10
Faktor	1.02	1.04	1.06	1.09	1.12
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	12	14	16	18	20
Faktor	1.14	1.17	1.20	1.23	1.26
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	22	24	26		
Faktor	1.30	1.33	1.37		

$CaCl_2$

Bodenextrakt AF	Mischungsverhältnis 1 + 2				
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	2	4	6	8	10
Faktor	1.03	1.06	1.10	1.13	1.17
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	12	14	16	18	20
Faktor	1.20	1.24	1.29	1.33	1.38
Bodenfeuchte (% gemäß 2.2)	22	24	26		
Faktor	1.42	1.47	1.53		

Beispiel:

Bodenfeuchte:	16%
Messwert:	34,5 mg / kg N
Faktor gemäß Tabelle:	1,38
korrigiertes Ergebnis:	34,5 mg / kg N x 1,38 = 47,6 mg / kg N

4.2 Umrechnung auf die Fläche

Falls der Nährstoffgehalt auf der untersuchten Fläche ermittelt werden soll, so kann dieser Wert aus der Konzentration pro kg (mit oder ohne Korrektur für die Bodenfeuchte) berechnet werden. Dazu muss die Fläche bekannt sein und eine sinnvolle Schichtdicke des Bodens angenommen werden (siehe Kapitel 2.1).

Berechnung: M x d x f x D x CF = R

M	=	gemessener/korrigierte Wert	[mg / kg]
d	=	Schichtdicke	[m]
f	=	Fläche	[m^2]
D	=	Dichte des Bodens	[kg / dm^3]
CF	=	Korrekturfaktor	[0,001 kg dm^3 / m^3 mg]
R	=	korrigiertes Ergebnis	[kg]

5 LITERATURVERZEICHNIS

[1] Arbeitskreis Waldbodenuntersuchung des Verbandes der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalten: „Entnahme von Bodenproben aus Waldbeständen für die chemische Analyse“ in: AFZ 43 (1985), S. 1172.

[2] Dunger, W. & Fiedler, H.J. (Hrsg.): Methoden der Bodenbiologie. Stuttgart, 1989

[3] Duvignaud, P.: La synthese ecologique. Paris, 1980

[4] Fabry, R.: Bodenkunde für Schule und Praxis. Munich, 1950

[5] Fabry, R.: Bodenuntersuchungen im Gelände. Munich, 1950

[6] Fiedler, H.J.: Die Untersuchung der Böden. Dresden-Leipzig, 1964

[7] H.:Fiedler, H.J. & Schmiedel, H.: Methoden der Bodenanalyse, Vol. 1: Feldmethoden. Dresden, 1973.

[8] Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hrsg.): Richtlinien für die Probeentnahme von Boden- und Pflanzenmaterial (Merkblatt Nr. 15). Freiburg, 1977

[9] Höhere Forstbehörde Rheinland / Höhere Forstbehörde Westfalen-Lippe (Hrsg.): Hinweise zur Entnahme von Waldproben. Version of November 1983

[10] Mitscherlich, E.A.: Bodenkunde. Berlin-Hamburg, 1954

[11] Nehring, K.: Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden für Dünge- und Futtermittel, Böden und Milch. Hamburg-Berlin, 1960

[12] Rau, R. & Knoth, J.: „Bodenuntersuchung und Kompensationsdüngung im Rheinland“ in AFZ 43 (1985), S. 1174-1176.

1. RENATURIERUNG DER „ALTEN ELBE“ BEI PAREY, KOMMENTIERTE ZEITUNGSBERICHTE

Im Jerichower Land, zwischen Tangermünde und Magdeburg, genauer südwestlich von Parey in der Havelschen Mark, liegen hinter dem Deich – also ohne Verbindung zur Elbe – Reste der Altarme der „Alten Elbe“. Gerade in großen Flüssen und Strömen sind die Altarme Kinderstuben vieler Tiere (s. Kap. 2, Gewässerstruktur – Geomorphologische Bewertung). Sie zu erhalten und wieder zum Hauptstrom durchgängig zu machen ist einerseits ökologisch äußerst wichtig, aber andererseits weitaus schwieriger als die Patenschaft an einem Bach. Alleine kann eine Schule da wenig ausrichten, es sei denn, sie sucht Partner, wie dies die Sekundarschule in Parey tat.

Eine Vielzahl von Hemmnissen für die wandernden Tiere müssen dort beseitigt werden. U. a. wurden folgende Barrieren zur Seite geräumt:

Eine Brücke

Die Brücke ist aus einzelnen Betonteilen zusammengesetzt.
Die Sohle der Betonbrücke liegt ca. 10 cm höher als das Bachbett.
Eine Wanderung von Fischen und Wirbellosen auf diesem Untergrund ist nicht möglich. Im Einzelnen wurden vier Maßnahmen getroffen:

1. Durch Verfüllung mit Kies (20 cm) bekommt die „Alte Elbe“ ein ca.10 cm höheres Flussbett.
2. Die im Brückenboden vorhandenen Fügen werden benutzt, um zwischen den einzelnen Brückenteilen Hölzer im Abstand von einem Meter zu befestigen. Material: Kanthölzer, Äste von Weiden oder Erlen 2 x 2 cm.
3. In den entstandenen Zwischenbereich werden dann Kies (Korngröße 6 - 15 cm), Sand und größere Steine als Geschwindigkeitsbrecher eingearbeitet.
4. An den Rändern der Brücke werden große Feldsteine als „Weg“ für Wirbeltiere (z. B. Fischotter) zum gefahrlosen Unterqueren der Brücke ausgelegt.

Ein Wehr

Ein weiteres Hindernis für Fische auf dem Weg zu anderen Laichplätzen war ein Wehr. Es diente vormals als Wasserreservoir für die Landwirtschaft. Diese Bedeutung hat sich in den letzten Jahren aber verringert, weil jetzt auf den größten Flächen Kies gefördert wird.
Das Wehr besteht aus Stahl und Betonteilen und hat zur Zeit eine Staustufenhöhe von ca. 70 cm, unüberwindlich für die meisten Fische und Wirbellose. Hier werden folgende Maßnahmen getroffen:

1. Beidseitig von der Stauanlage wird Kies oder Lehm angefahren (Korngröße 2 - 3 cm) und verfestigt.
2. Eine gröbere zweite Schicht Kies (Korngröße 6 - 15 cm) folgt.
3. Zum Schluss werden auf beiden verfestigten Schichten Feldsteine (60 cm im Durchmesser) verteilt, die als Geschwindigkeitsbrecher und Strömungslenker dienen. Bei der Sohlpflasterung können die Feldsteine auch hochkant gestellt werden.
   Evt. muss nach dem Probebetrieb die Rampe mit Holzpflöcken oder Stahlpiloten gesichert werden.

Schaffung eines neuen Flussbettes (Teilrenaturierung)

Auf einer Strecke von ca. 200 m hat die „Alte Elbe“ einen fast geraden Flussbettverlauf. Diese „Strecke“ entstand ca. 1970. Das vorhandene flache naturnahe Flussbett wurde ausgebaggert und das steile Ufer mit Faschinen befestigt. Das Frühjahrshochwasser floss mit hoher Geschwindigkeit ab. Das ehemalige umgebene Feuchtgebiet verödete nach einigen Jahren, die Tümpel trockneten aus und es gingen Laichgebiete für Amphibien (z. B. Unken) verloren. Eine naturnahe Gestaltung (mäandrierender Verlauf) wirkt sich positiv auf die Strukturgüte und damit auf die Gewässergüte aus. Dem dienen folgende Maßnahmen:

1. Ausbaggerung eines neuen Flussbettes.
2. Böschungssicherung mit Weidenästen (Weidenspreitlage).
3. Anpflanzen von Erlen in der Größe von 1 - 1,5 m und im Abstand von 1 m.
4. Einbringen von Kies-/Schotterschicht und Feldsteinen.

Damit werden Vorteile verfolgt wie

- die Verbesserung der Flora und Fauna (Nistplätze für Vögel, Ufervegetation beherbergt Kleintiere und Insekten, die wiederum Bestandteil des Fischfutters sind),
- Uferschutz (Erlenwurzeln halten das Ufer und verhindern Bodenerosion)
- Beschattung (beschattete Bäche bleiben kühl und sauerstoffreich).

Zu Beginn erfolgte eine umgehende Analyse der Ausgangslage, die dank der mehrjährigen guten Kooperation mit der Journalistin Sigrun Tausche von der lokalen „Volksstimme“ der Öffentlichkeit mitgeteilt wurde. Damit begann auch das Einwerben um Zustimmung bei den Wasserbauern, Grundbesitzern und Anglern.

Schüler wollen einen Teil des unterbrochenen alten Gewässerlaufs wiederherstellen

FISCHE SOLLEN IN DER „ALTEN ELBE” KÜNFTIG WIEDER WANDERN KÖNNEN

Schüler der Sekundarschule Parey wollen der „Alten Elbe” und ihrem Umfeld wieder ein Stück ihres einstigen natürlichen Charakters zurückgeben und damit auch Bedingungen herstellen, die die Vielfalt der Lebewesen, die einst hier heimisch waren, wieder ermöglichen können. Insbesondere sollen verschiedene Arten von Fischen von „Kühnes Loch” wieder zum Laichen das Gewässer hinauf ziehen können.

Von Sigrun Tausche

Parey. Historische Karten von Parey und Umgebung zeigen noch den durchgängigen Lauf der Alten Elbe, die einstmals von der Stromelbe vorbei an der „Siedlung” Richtung Neuderben führte. Durch den Deichneubau wurde der Zufluss von der Elbe her unterbrochen, aber die vielen kleinen Gewässer bis hin zu „Kuhries Loch” waren noch miteinander verbunden, und zwischen der Ortslage Parey und dem Bittkauer Weg weitete sich das alte Flussbett zu einem Gewässer auf, in dem noch vor wenigen Jahrzehnten gebadet werden konnte. Das ergaben die Recherchen der Schülergruppe der 10. Klasse, die sich für den Wahlpflichtkurs „Ökologie”, betreut von Otto Matuszak, entschieden haben. Sie können inzwischen auch Auskunft darüber geben, was seitdem mit dem Gewässer geschah: Es wurde ein Wehr gebaut, das zeitweise das Wasser jenseits von „Kühnes Loch”, also Richtung Siedlung, aufstauen soll. Weiter Richtung Bittkauer Weg wurde der Gewässerlauf zugeschüttet, um eine Durchfahrt für die Landwirtschaft zu schaffen. Diese Durchfahrt ist heute nicht mehr erforderlich, weil nur wenig entfernt eine tragfähige Brücke, die selbst die schweren Kieslaster aushält, gebaut wurde.

Das Ausbaggern des Gewässerlaufs an der Stelle der Oberfahrt ist Teil des Projekts, und zwar der einfachste, erläuterten die Schüler. Die „Alte Elbe” würde hier wieder durchgängig gemacht werden können. Es würde dann noch Kies eingefüllt und das Gewässerbett auf ein einheitliches Niveau gebracht werden müssen.

Etwas aufwendiger wäre es, das Gewässer am Wehr wieder passierbar für Fische, die zum Laichen ziehen, zu machen. Es gibt aber schon praktische Vorbilder dafür, wie so etwas realisiert wurde, und eines davon gar nicht weit entfernt, berichtete Otto Mattuszak: Bei Friedensau sei die Ehle angestaut worden, um einen Löschwasserspeicher zu bekommen, und gleichzeitig damit habe man hier einen

Umflutkanal gebaut. Das wollen sich die Schüler demnächst anschauen.

„Das Wehr ist für viele Tiere nicht passierbar, weil die Kante zu hoch ist (70 Zentimeter) und weil es aus Eisen ist, einem Material, das nicht natürlich in Gewässern vorkommt", begründen die Schüler das Vorhaben. Der Umflutkanal würde seitlich um das Wehr herumführen, müsste mindestens 1,5 Meter breit sein und aus natürlichem Material wie Feldsteinen, Sand, Kies und Holz bestehen. Er müsste so gebaut werden, dass das Wasser nicht „überschwappt", sondern zwischen den Steinen durchrinnt.

Als zweite Möglichkeit könnte auch im Gewässerlauf eine Rampe aus natürlichem Material mit einer nur geringen Neigung gebaut werden, damit die Tiere das Hindernis überwinden können.

Aus wasserbaulicher Sicht würde sich nichts ändern, das Wehr würde weiterhin seine Funktion erfüllen, erklärte Mattuszak.

Auch für die Brücke, die im Moment nicht passierbar für Fische ist, haben die Schüler einen Vorschlag. Der Gewässergrund unter der Brücke ist betoniert und relativ hoch. Dieses unnatürliche Material wird von den Tieren gemieden. Es würde reichen, das Gewässer hier etwa 20 Zentimeter anzustauen und den Beton mit Steinen und grobem Kies zu bedecken. An die Seiten würden größere Steine gelegt, um auch anderen Tieren den Durchgang zu ermöglichen.

Weiterhin sieht das Projekt noch vor, künstliche Kurven anzulegen, um die bei Hochwasser sehr hohe Fließgeschwindigkeit zu reduzieren. Der Platz dafür ist vorhanden, denn beidseitig befindet sich tiefliegendes, verschilftes Gelände, wo es früher einmal mehrere Tümpel gab.

Für die Realisierung des Projekts müssen jetzt nicht nur finanzielle Mittel beantragt werden, sondern auch die Genehmigungen der Wasserbehörde und der Land-Eigentümer, erklärte Mattuszak. Erste Kontakte wurden schon aufgenommen, die Resonanz sei positiv gewesen. Das gelte auch für den Anglerverband. Denn in den kleinen Angelgewässern müssen Jungfische meist ausgesetzt werden – mit diesem Projekt würde die Verbindung zu „Kühnes Loch" bis hin zum Kanal wieder hergestellt und die Fische könnten zum Laichen heraufwandern.

Auch auf finanzielle Unterstützung hofft die Projektgruppe. Ein Scheck über 600 Mark kam von der Deutschen Umwelthilfe für die Vorbereitungen, berichtete Otto Mattuszak. Für die Projekt-Durchführung können nun bis zu 10.000 Mark beantragt werden. Auch der NABU habe seine Unterstützung bereits signalisiert.

Erstmals will die Sekundarschule Parey mit diesem Projekt auch am Bundesumweltwettbewerb teilnehmen. Bis März müsse das Projekt dazu eingereicht werden. Und beim nächsten Treff zum Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe" mit der Deutschen Umwelthilfe, der im April voraussichtlich in Barby stattfinden wird, soll es auch vorgestellt werden.

Die Pareyer arbeiten hier bereits seit einigen Jahren mit, nehmen regelmäßig chemische und biologische Gewässeruntersuchungen vor, zusätzlich jetzt auch Untersuchungen im Uferbereich, und wollen nun auch dieses neu hier mit einbringen, denn das betrifft ja auch eine lebendige Elb-Region.

Die Öffentlichkeit aufzusuchen um die Beteiligten, wie z. B. die Angler und Grundbesitzer, für ein Projekt zu gewinnen und um Sponsoren zu werben ist nur die eine Seite dieser Medaille. Die andere ist, dass hier Zustimmung, Ermunterung und Anerkennung erfolgen, die für ein derart großes Projekt und den damit verbundenen langen Atem so wichtig sind, wie der nächste, ein halbes Jahr später erschienene Artikel zeigt.

SCHÜLERGRUPPE DER SEKUNDARSCHULE PAREY WILL DAS PROJEKT NUN WEITERFÜHREN

Projekt Renaturierung der „Alten Elbe" wurde im Bundes-Umwelt-Wettbewerb ausgezeichnet

Für das Projekt „Renaturierung der Alten Elbe" hat die Projektgruppe der Sekundarschule Parey, die von Otto Mattuszak betreut wird, einen Preis Im Bundes-Umwelt-Wettbewerb 2000/2001 erhalten. Da eine Teilnahme an der Preisverleihung in München nicht möglich war, überbrachte jetzt Ines Wittig von der Deutschen Umwelthilfe die Ehrung. *Von Sigrun Tausche*

Elbe-Parey. Träger des Bundes-Umwelt- Wettbewerbs, der jährlich ausgeschrieben wird, ist das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Veranstaltet wird der Wettbewerb vom Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel. Ziel ist die „Förderung des Umweltgewissens von Jugendlichen sowie ihrer Selbständigkeit, Kreativität und Eigeninitiative im Umweltbereich."

Im Wettbewerb 2000/2001 wurden von insgesamt 368 Teilnehmern 131 Arbeiten eingereicht. Die Mehrzahl dieser Beiträge ist an Schulen erarbeitet worden. Lediglich vier Arbeiten kamen aus Sachsen-Anhalt.

Die 26 besten Arbeiten wurden mit einem Haupt-, Sonder- oder Förderpreis gewürdigt. Die Preise wurden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie von mehreren Förderern des Wettbewerbs gestiftet. Sehr attraktiv sind die drei Hauptpreise: eine Fachstudienreise in die USA und zweimal 3.000 Mark. Sie gingen an Teilnehmer aus Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg für ein Bach-Projekt (vom Schmutzwassersammler zum naturnahen Gewässer), für die Arbeit „Zukunftsfähige Lebensstile" und „Sonnenstromdach – Planung und Aufbau einer Fotovoltaikanlage".

Die Schüler aus Parey erhielten einen von mehreren Förderpreisen. Die 500 Mark wurden von der Deutschen Umwelthilfe im Rahmen des Projekts „Schulen für eine Lebendige Elbe' gestiftet. Einfluss auf die Preisvergabe hatte sie aber nicht, sagte Ines Wittig von der Umwelthilfe bei ihrem Besuch in Parey. Sie freute sich natürlich, dass auch eine Gruppe derjenigen Schüler, die im Projekt „Lebendige Elbe" mitarbeiten, ausgezeichnet werden konnte.

Ines Wittig war in dieser Woche nicht zum ersten Mal In Parey. Bei Treffen der Projektschulen war sie mehrfach zugegen und weiß einiges über die Arbeit in Sachen Umwelt hier. Für das Projekt „Renaturierung der Alten Elbe" leistete die Deutsche Umwelthilfe bereits eine Starthilfe in Höhe von umgerechnet 300 Euro.

Die 500 Mark Preisgeld werden nun der Fortführung des Projekts zugute kommen, das erst zum Teil umgesetzt werden konnte. (Volksstimme berichtete): Die Betonsohle unter der Brücke Bittkauer Weg wurde mit natürlichen Materialien bachähnlich gestaltet, so dass Fische und andere Tiere hier wieder wandern können, und der durch eine Aufschüttung unterbrochene Gewässerlauf unweit der Brücke wurde mit demselben Ziel wieder freigelegt.

Ohne weitere materielle Unterstützung wäre das freilich nicht möglich gewesen: Vom benachbarten Kieswerk Rohr haben die Schüler tonnenweise Kies bekommen. Jetzt hat die Gruppe noch eine weitere ganz bedeutende Hilfe erhalten: Planerin Heiderose Seidel fertigte unentgeltlich eine Planung für die Umgestaltung des Wehrs in der Alten Elbe an. Mit dieser fachgerechten Planung in den Händen hofft Otto Mattuszak, bei der Beantragung der Maßnahme endlich Erfolg zu haben. Denn die Untere Wasserbehörde beim Landkreis muss neben den Eigentümern ihre Zustimmung dazu geben.

Statt der ursprünglich angedachten „Umleitung" um das Wehr wurde nun der Variante einer Solgleite im vorhandenen Gewässer, die den Fischen ein Überwinden des Wehres ermöglicht, der Vorzug gegeben.

Bei der Beantragung dieses Vorhabens gebe es Probleme, sagte Mattuszak, es seien viele Zuarbeiten nötig, und es gebe Bedenken bei einigen, dass die Wasserführung dann nicht mehr regelbar sei. Diese Sorgen seien aber unbegründet, versichert er, das Gewässer werde auch weiterhin bei Hochwasser seiner Funktion der Wasser-Ableitung gerecht werden.

Dass bereits der erste Teil des Projekts Erfolg hatte, haben viele Naturinteressierte schon bald nach Fertigstellung erleben können: Die Fische begannen sofort wieder zu wandern. „Die Tiere merken, dass das von oben kommende Wasser sauberer ist als das weiter unterhalb (in Kühnes Loch)," sagte Mattuszak. „Wir konnten sehen, wie die Fische im Teich herankamen, als das Wasser zu fließen begann."

Früher einmal hatte dieses Gewässer Verbindung vom Raum Zerben bis nach Derben erläuterte er Ines Wittig, die sich vor Ort über das Projekt informierte. Wenigstens zum Teil soll diese Verbindung wieder hergestellt werden.

Bis (hoffentlich) das „Ja" für den nächsten Abschnitt kommt, bleiben die Schüler aber nicht untätig: Sie haben eine „Bachpatenschaft" übernommen und halten die Alte Elbe weiter in Ordnung – wozu leider auch gehört, den Müll, den andere hinterlassen, wieder zu entfernen.

Mit dem Projekt „Alte Elbe" wird die Sekundarschule Parey auch beim Umweltseminar in Halle am 20. Oktober (Thema: „Bürgerbeteiligung konkret – Von Abwasserkanälen zu gesunden Bächen") und vom 7. bis 10. November bei einer Messe in Magdeburg präsent sein.

Dass der richtige Weg eingeschlagen wurde, zeigte sich im Folgejahr, in dem Zustimmung sich häufte, wesentlich mehr Geld zur Verfügung stand und nun auch andere mitarbeiten wollten. Die Zustimmung der Wasserbehörde bahnte sich an.

ÖKO-GRUPPE REISTE ZUR FESTVERANSTALTUNG NACH HAMBURG / NUR GENEHMIGUNG FEHLT NOCH

9.500 Mark von der Michael-Otto-Stiftung für Alte-Elbe-Projekt der Schule Parey

Die Aussichten stehen gut, dass die Schüler des Wahlpflichtkurses Ökologie der Sekundarschule Parey im Frühjahr einen weiteren Abschnitt der Alten Elbe für Fische und andere Wassertiere wieder passierbar machen können. Vor einem Jahr gelang dies bereits im Bereich Brücke/Bittkauer Weg. Für den nächsten Teil, das Wehr, erhielten sie von der Michael-Otto-Stiftung nun eine Summe von 9.500 Mark.

Von Sigrun Tausche

Parey. Das Wehr im Bereich der Alten Elbe bei Parey ist für Fische in der meisten Zeit des Jahres ein nicht zu überwindendes Hindernis. Es gibt aber Möglichkeiten, diesen Bereich naturnah und durchlässig für Tiere zu gestalten, ohne dass die Funktion dieser Stauanlage nachteilig beeinflusst wird. Nachdem zunächst die verschiedenen Möglichkeiten gegenübergestellt worden waren, hat Planerin Heiderose Seidel im vorigen Jahr ein komplettes Projekt dafür erarbeitet. Dies und der Erfolg im ersten Abschnitt des Projekts überzeugten: Einen Scheck über 9.500 Mark von der „Michael-Otto-Stiftung für Umweltschutz“ durfte die Schülergruppe um Otto Mattuszak Ende vergangenen Jahres persönlich aus den Händen von Dr. Michael Otto in Hamburg in Empfang nehmen.

Diese Stiftung wurde von dem Unternehmer Dr. Michael Otto im Jahre 1993 gegründet. Sie dient dem Schutz und Erhalt der Lebensgrundlage Wasser und fördert Projekte zum Schutz von Meeren, Gewässern, Feuchtgebieten und Trinkwasserressourcen mit einer Gesamtsumme von jährlich bis zu einer Million Mark.

50.000 Mark insgesamt wurden für das Förderprogramm „Junger Naturschutz”, für die sogenannten „Aqua-Projekte”, von der Stiftung zur Verfügung gestellt. Junge Leute mit guten Ideen, aber zu wenig Geld, werden hiermit unterstützt.

Alle zwei Jahre werden diese Förderpreise vergeben, berichtete Otto Mattuszak, Lehrer und stellvertretender Schulleiter an der Sekundarschu1e Parey und Betreuer der Oko-Gruppe. 21 Teilnehmer aus ganz Deutschland haben sich diesmal beworben, ergänzte er. „Aus Sachsen-Anhalt waren wir die Einzigen.” Und die Pareyer schafften es: Sie gehörten zu den fünf Ausgezeichneten.

Die Schüler, die zu dieser Gruppe gehörten und auch alle mit nach Hamburg zur Preisverleihung fahren durften, berichteten begeistert davon. Von Förste-Reisen wurden sie sehr günstig hingebracht. Der Empfang fand in einem ehemaligen Wasserwerk statt und war sehr feierlich. Für die jungen Leute war schon der Auftakt toll: die Newcomer Band „New Level” spielte zu Beginn. Moderiert wurde die Veranstaltung von Bettina Tietjen vom NDR-Fernsehen. „Wir mussten Fragen zu unserem Projekt beantworten, berichteten die Schüler. Auch Prof. Michael Succow war vor Ort, der 1997 für seine Verdienste zum Schutz von Lebens- und Naturräumen den Alternativen Nobelpreis erhielt und mit dem Preisgeld als Grundstock die „Michael-Succow-Stiftung zum Schutz der Natur” gründete.

Im Anschluss blieb noch Zeit, um die Ausstellung in Räumen des Wasserwerks zu besichtigen. Alles, was mit Wasser zu tun hat, wurde hier gezeigt und erklärt, bis hin zu Ausstattungen von Badezimmern früherer Zeiten.

Mit so viel prominenter Unterstützung, einem fertigen Projekt und einem beachtlichen Teil des benötigten Geldes „in der Tasche” hofft die Pareyer Schülergruppe nun, in den nächsten Wochen auch noch die Genehmigung der Unteren Wasserbehörde zu bekommen, um im Frühjahr, sobald es das Wetter erlaubt, mit der Umsetzung des Vorhabens beginnen zu können.

Die in der Planung genannten 34.000 Mark werden sie ganz sicher nicht in barem Geld benötigen, denn im Wert von etlichen tausend Mark sind Eigenleistungen veranschlagt – nicht nur von ihnen selbst, sondern auch von Helfern, die bereits ihre Unterstützung angekündigt haben. Dazu kommen neben den 9.500 Mark von der Michael-Otto-Stiftung noch 500 Mark von der Sparkasse, berichtete Otto Mattuszak.

Mithelfen wollen auch Mitglieder des Pareyer Angelclubs und der Nutzer der an die Stauanlage angrenzenden Flächen, Landwirt Joachim Hohenstein. Er werde Technik zur Verfügung stellen, kündigte Mattuszak an.

Das Vorhaben wurde vergangene Woche bei einer Versammlung im Anglerheim Parey vorgestellt und besprochen. Es ging um die Zustimmung der Nutzer des Wehres. Sowohl Landwirt Hohenstein als auch Lothar Koch vom Unterhaltungsverband Stremme/Fiener Bruch haben ihre Zustimmung erklärt, sagte Mattuszak. Auch Wilfried Trojandt und Dietmar Simanowski vom Anglerclub haben das Vorhaben befürwortet – immerhin wird dadurch ja ermöglicht, dass die Fische wieder den ganzen Gewässerlauf von Kühnes Loch her entlangwandern und sich so auf natürliche Weise ausbreiten können.

Auch vom Staatlichen Amt für Umweltschutz Magdeburg gab es Unterstützung: Die Fachleute haben die Wasserabflussmenge berechnet, um sicherzustellen, dass auch nach der Umgestaltung der Stauanlage bei Hochwasser noch ein ausreichender Wasserabfluss gewährleistet werden kann.

Während die Schüler nun auf die Genehmigung der Unteren Wasserbehörde und auf besseres Wetter warten, bleiben sie nicht ganz und gar untätig: Regelmäßig messen sie die Wasserstände an verschiedenen Stellen der Alten Elbe. Zusammen mit Werten aus den Vorjahren ergeben sich daraus mittlerweile interessante Kurvenverläufe. Und auch ans Feldsteine-Sammeln geht's jetzt, wobei die Gruppe für jeden Tipp, wo sie noch Steine bekommen kann, dankbar ist.

Das Projekt haben die Schüler übrigens bereits im vergangenen Herbst auf der Messe „Bildung und Beruf" anhand eines Modells vorgestellt, was sehr gut ankam. Nun hoffen sie, dass auch der nächste Abschnitt bald Realität wird.

2. DIE UNTERIRDISCHE FRACHT DER SALZA

Zwischen der Geburtsstadt Luthers, Eisleben, und Halle fließen einige Gewässer in den Süßen See, aus dem dann – welch Widersinn der Namen – die Salza austritt und später unterhalb von Halle in die Saale mündet. Kurz hinter dem Süßen See fließt die Weida in die Salza.
In diesem Gebiet ist eine Fläche von ca. 4 mal 8 km kaum besiedelt, nur eine Landstraße und die B 80 verlaufen dort. Mitten im Land liegen am Südrand dieser Fläche die Orte Röblingen und Wansleben mit den merkwürdigen Zusätzen „am See". Dieser See bestand bis zum vorletzten Jahrhundert und hieß Salziger See. Die Salza floss damals vom Süßen durch den Salzigen See in die Saale.

Wasser, das am Ostrand des Harzes in der Mansfelder Mulde versickerte und nach Osten weiter floss, löste bei dem späteren Weg an die Oberfläche Steinsalz und trat als Solquellen auf. Der Materialverlust aufgrund der heraus gelösten Salze führte zu Bodensenkungen, in denen sich dann Seen bildeten, u. a. auch der Süße und der Salzige See.

Seit dem 16. Jahrhundert wird hier Kupferschiefer abgebaut. Vor 150 Jahren kam es aufgrund der Fortschritte in der Bergbautechnik und der zunehmend größeren Teufen zu Schwierigkeiten mit dem Grubenwasser. Man begann zu entwässern und konnte zur Kupferförderung unter das Salzlager gelangen. Die ehedem die Seen speisenden Solquellen wirkten damit aber wie Negativbrunnen und wiederholt stürzte Wasser aus den Seen durch die Quellen und das Steinsalz in die Stollen. Allein aus dem Salzigen See flossen auf diese Weise in den Jahren 1892 bis 1894 ungefähr 75 Millionen Kubikmeter Wasser in die Schächte. Zur Sicherung des weiteren Betriebs des Bergbaus wurde der Salzige See leer gepumpt. Biedersee, Kernersee, Teufe, Aselebener und Hellerloch Flur sind verbliebene Restseen.

Mit dem Ende des Bergbaus wurde auch die Wasserhaltung eingestellt. Von 1970 bis zum Ende der achtziger Jahre erholte sich das Grundwasserreservoir. In den neunziger Jahren überschritten die Pegel zunehmend den Seeboden und führten zu Standsicherheitsproblemen an den dort verlaufenden Straßen. Zunehmend mehr Wasser wird deshalb abgepumpt und der Salza zugeführt. Mitte der neunziger Jahre war die Fördermenge vervierfacht und machte etwa die Hälfte des Inhalts des Salzigen Sees aus.

Die Landesregierung Sachsen-Anhalts diskutierte 2001 entsprechend der Koalitionsvereinbarung das Wiederentstehen des Salzigen Sees, der dann neben Natriumchlorid viel Calciumsulfat und Hydrogencarbonat, also ausgesprochen hartes Wasser, enthalten wird. Vor dem Fluten müssen Wohnbauten, Straßen, Hochspannungsleitungen und ein Friedhof verlegt sowie Altlasten beseitigt werden. Diese die Umwelt, insbes. die Salza, entlastende Maßnahme des Wiederentstehens des Salzigen Sees bringt für das Mansfelder Land einen weiteren Gewinn. An die Traditionen des vorletzten Jahrhunderts anknüpfend, könnten in dieser Region Fremdenverkehr und Kurbetrieb gefördert werden, Bad Oberröblingen ist bereits jetzt das meistbesuchte Bad Mitteldeutschlands.

Wesentliche Informationen aus NITSCHE, HEIKO *(1999): Die Wiederentstehung des Salzigen Sees. Abschlussarbeit im Fach Umweltanalytik.*
Messungen: Sekundarschule Wettin, KARIN ZIEGNER.

3. DER AUSBAU DER SPREEMÜNDUNG – BEISPIEL FÜR EINE EINWENDUNG IN EINEM PLANFESTSTELLUNGS-VERFAHREN*

1. Zum Hintergrund

Rettung für unsere Flüsse durch neues 5-Punkte-Programm der Bundesregierung? Aber nicht alle Ausbauvorhaben sind berücksichtigt!

Bei der am 15. September in Berlin durchgeführten Flusskonferenz zum vorbeugenden Hochwasserschutz hat die Bundesregierung ein vielversprechendes 5-Punkte-Programm verabschiedet:

1. Gemeinsames Hochwasserschutzprogramm von Bund und Ländern
2. Länderübergreifende Aktionspläne – Internationale Fachkonferenz
3. Europäische Zusammenarbeit voranbringen
4. Flussausbau überprüfen – Schifffahrt umweltfreundlich entwickeln
5. Sofortmaßnahmen zum Hochwasserschutz: Wichtiges Element des Programms ist, den Flüssen wieder mehr Raum zu geben, Deiche rückzuverlegen, Retentionsflächen zu schaffen, landwirtschaftliche Nutzungen anzupassen und das Bauen in Überschwemmungsgebieten stärker zu unterbinden.

Ganz im Gegensatz zu diesem fortschrittlichen Programm werden die Pläne des Bundes für das 1992 festgesetzte Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 17 ohne Zögern weiterverfolgt.

* Artikel von SARAH KEUTMANN in der Rabe Ralf Nr. 110, Oktober 2002, S. 17.

Damit ist der rund 2,3 Milliarden Euro teure Ausbau der Wasserstraße von Hannover nach Berlin gemeint. Für einen in Berlin befindlichen Abschnitt der Spree lagen bis zum 1. Oktober in Berlin im Bezirksamt Charlottenburg- Wilmersdorf die Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren aus.

Was bedeutet der Ausbau für die Spree?

Für Berlin konkret hat dieses Verkehrsprojekt zahlreiche Ausbauvorhaben zur Folge, die z. T. bereits im Bau sind, wie z. B. der Neubau der Schleuse Charlottenburg, der bereits 2003 fertig gestellt werden soll.

Nun ist also eine Maßnahme an der Spree an der Reihe, die einen fast 4,7 km langen Abschnitt zwischen Charlottenburg und Spandau betrifft. Hier sollen laut Planungen einmal 2.300-t-Großmotorschiffe, (110 m lang, 11,4 m breit, 2,8 m Abladetiefe) und 3600-t-Schubverbände mit gleicher Breite und Abladetiefe und 185 m Länge verkehren können.

Dafür muss die Spree von ihrer jetzigen Tiefe von 3,10 bis 3,75 m auf 4 m vertieft werden. Auch Verbreiterungen müssen stattfinden, damit sich auf der Spree dann diese riesigen Schiffe begegnen können. Bei der Vertiefung wird massiv in die bestehende Tier- und Pflanzenwelt eingegriffen. Anstelle des jetzigen Muldenprofils entsteht ein im Querschnitt fast rechteckiges, durch Unterwasserspundwände befestigtes Kanalprofil. Dadurch werden den Fischen Laich- und Rückzugsmöglichkeiten genommen, was eine Abnahme der Arten zur Folge hat. Auch kleine Wasserorganismen, sog. Makrozoobenthon, werden in ihrer Artenvielfalt und ihrer Anzahl abnehmen. Sie stellen die Nahrungsgrundlage von vielen anderen Wasserbewohnern dar.

Oberhalb der Wasseroberfläche sind die Auswirkungen ähnlich dramatisch. Durch die Verbreiterung der Spree muss fast überall Ufer abgegraben werden. An der Mündung zur Havel wird ein 4.800 m^2 großes Stück weggebaggert, womit das Ufer um 80 m zurückverlegt wird. Heute stehen überall noch Bäume, Gebüsch und andere Pflanzen und bieten Lebensraum für zahlreiche Tiere, wie Erdkröte, Ringelnatter, Rohrammer und Reiherente. Mindestens 1.000 Bäume fallen dem Ausbau zum Opfer. Ein Großteil davon ist eigentlich durch die Berliner Baumschutzverordnung geschützt. Durch die neue Uferform wird Wasservögeln die Ausstiegsmöglichkeit vom Wasser ans Land genommen. Gutachter sind sich einig darin, dass die stärksten anlagebedingten und dauerhaften Wirkungen die Schutzgüter Pflanzen und Biotope betreffen.

So werden auch 4,6 ha Biotopfläche beeinträchtigt, und der Biotopverbund entlang des Ufers wird im westlichen Teil auf einer Länge von 3 km stark eingeschränkt bzw. unterbrochen sein. Direkt durch den Ausbau betroffen sind das Landschaftsschutzgebiet „Faule Spree“ und das Wasserschutzgebiet des Wasserwerkes Jungfernheide. Insgesamt wird die Tier- und Pflanzenwelt an Arten abnehmen. Eine grüne Oase inmitten eines Industriegebietes wird zerstört.

Das sind nur einige der gravierenden Folgen des Ausbaus für die Umwelt. Doch warum ist er überhaupt nötig?

Warum ist das nötig?

Es wurde viel mit dem prognostizierten Verkehrsaufkommen auf dieser Wasserstrasse argumentiert, aber das damals der Planung zu Grunde gelegte sog. Planco-Gutachten musste nun auf ein Drittel, also um 2 Drittel nach unten korrigiert werden. Außerdem gibt es in der deutschen Binnenschifffahrtsflotte nur ganze 11 Großmotorschiffe, die aber zum größten Teil auf dem Rhein verkehren, da dort 80% der deutschen Binnenschifffahrt abgewickelt werden. So kann man sich dann ausrechnen, dass nur einmal in 7 - 10 Tagen ein Schiff dieser Größe diese Passage passieren wird, für die dieser ganze Ausbau überhaupt durchgeführt werden soll. Es bleibt bei den nicht unerheblichen Kosten von 40 Millionen Euro und den Folgen, die zu befürchten sind. Unbegreiflich, warum man bei neuer Sachlage und neuen Erfahrungen (z. B. Elbehochwasser) noch am Ausbau festhalten will.

Eine mögliche Alternative, die Nullvariante, wurde in den Unterlagen leider nur extrem kurz abgehandelt. Sie verzichtet auf einen Ausbau und beinhaltet nur die erforderlichen Instandsetzungsarbeiten. Stadtentwicklungssenator Peter Strieder gibt Hoffnung für die Spree, indem er gegenüber der „Berliner Zeitung“ sagte, dass er „gegen einen autobahnähnlichen Ausbau der Spree“ sei.

So bleibt zu hoffen, dass er sich durchsetzen kann und das beschlossene 5-Punkte-Programm Wirkung zeigt, um so noch verbleibende Flusslandschaften zu retten, bevor es zu spät ist.

2. Die Mustereinwendung*

Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost
Planfeststellungsbehörde
Stresemannstr. 92
10963 Berlin

Absender:
Vorname:_____
Name:_____
Straße:_____
Ort:_____

Einwendung
zur Planfeststellung für den Ausbau der Spree-Oder-Wasserstraße von km 0,000 bis km 4,673

Sehr geehrte Damen und Herren,

ich mache folgende Einwendungen gegen den Ausbau der Spree-Oder-Wasserstraße von km 0,000 bis km 4,673 geltend:

1. Ich lehne das Vorhaben ab, da ich das Gebiet als Naherholungsgebiet nutze und es nach dem Eingriff entwertet ist.
2. Mindestens 1.000 Bäume müssen für den Ausbau gefällt werden. Ein Großteil der Bäume ist jedoch durch die Berliner Baumschutzverordnung geschützt. Dies muss respektiert werden!
3. Die geplanten Ausbaumaßnahmen enthalten u. a. Verbreiterungs- und Vertiefungsarbeiten der Spree. Durch den kanalartigen Ausbau mit Unterwasserspundwänden wird die Unterwasserfauna nachhaltig gestört. Sie verarmt an Arten. Die Verbreiterungen haben massive Abgrabungen des Ufers zur Folge, so wird der Lebensraum für zahlreiche Pflanzen und Tiere, wie z. B. Erdkröte, Ringelnatter, Rohrammer und Reiherente, zerstört. Außerdem stellt das Vorhaben einen Eingriff in den letzten Auenwaldbestand an der Stadtspree dar, der sich auf dem Gebiet des Wasserwerks Jungfernheide befindet.
4. Eine 4800 m^2 große Uferfläche soll an der Mündung der Spree in die Havel weggebaggert und somit das Ufer um 80 m zurückverlegt werden. Dieses Stück muss aus historischen und landeskulturellen Gründen erhalten bleiben.
5. Es besteht kein Bedarf für einen Ausbau, der sich an 110 m langen Großmotorschiffen und 185 m langen Schubverbänden orientiert. Wie neuere Untersuchungen zeigen, ist das der Planung zu Grunde gelegte prognostizierte Verkehrsaufkommen für das „Projekt 17, Deutsche Einheit“ überhöht und deshalb unhaltbar. Die 1992 für das Jahr 2015 prognostizierten jährlichen 25 Mio. t mussten jetzt auf 7 Mio. t für 2015 reduziert werden. Ich fordere, dass die Planfeststellungsunterlagen auf Grund der neuen Prognose überarbeitet werden.
6. Aus den Planungsunterlagen ist nicht zu erkennen, dass die Nullvariante, die auf einen Ausbau verzichtet und nur Instandsetzungsmaßnahmen beinhaltet, ausreichend geprüft wurde. Mit der Nullvariante könnte die Transportmenge im Jahr fast verdoppelt werden (von 1.870.000 t beim Ist- Zustand auf 3.300.000 t), aber die Folgen für die Umwelt wären erheblich geringer. Aus Gründen des Umweltschutzes aber auch der Wirtschaftlichkeit ist es jedoch zwingend geboten, diese günstige Alternative umfassend zu untersuchen.

Persönliche Betroffenheit:
Datum: _____ Unterschrift:_____

** Mustereinwendung erarbeitet von Sarah Keutmann und Michael Bender von der GRÜNEN LIGA in Berlin*

3. Anleitung für die Mustereinwendung*

Liebe Mitbürger und Mitbürgerinnen,
den meisten von Ihnen (und uns) fällt es doch schwer, Einwendungen zu formulieren und betroffene eigene Rechte und Interessen zu benennen. Daher haben wir eine Mustereinwendung erstellt.

Sollten Sie diese Muster verwenden, beachten Sie bitte Folgendes:

- Ergänzen Sie Ihren Namen und Ihre Anschrift
- Verwenden Sie bitte unbedingt den frei gelassenen Platz oder auch die Rückseite, um zusätzliche, auf Sie persönlich zutreffende Aspekte zu ergänzen.

Beispiele:

- persönlich betroffener Grundbesitz
- gepachteter Kleingarten in der Nähe, wo die Ruhe und die Erholung durch Baulärm nicht mehr möglich wären
- Lärmbelästigung für Anwohner oder auch dort angesiedelte Arbeitnehmer
- Eingriffe in die Ästhetik der Natur; durch Beseitigung vieler Bäume und eines Großteiles des jetzigen Ufers verändert sich das Landschaftsbild
- derzeitige Nutzung der Spree als Angler: während der Bauphase keine Angelmöglichkeiten mehr, nach der Bauphase wesentlich weniger Fischvielfalt
- Durch das neue Flussprofil wird Wasservögeln der Ausstieg vom Wasser an Land verwehrt

Wenigstens einen Zusatz sollte jede/r machen, damit es kein gleichförmiges Schreiben von vielen ist, das dann möglicherweise nicht anerkannt wird.

Vergessen Sie nicht, am Ende zu unterschreiben!

Die Einwendung muss bis zum 15. Oktober in der Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost sein!

Sollten Sie bereits eine Einwendung oder Unterschrift abgegeben haben, so schadet das überhaupt nichts. Wenn Sie sicher gehen wollen, können Sie noch vermerken, dass diese Einwendung zusätzlich zu beachten ist.

** Erarbeitet von Sarah Keutmann und Michael Bender von der GRÜNEN LIGA in Berlin*

KAPITEL 2 – GEWÄSSERSTRUKTUR – GEOMORPHOLOGISCHE BEWERTUNG

2.1 SACHINFORMATION

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Unter ökologischer Bewertung von Fließgewässern wird in unterschiedlicher Kombination mal die Güte der geomorphologischen Gewässerstruktur, mal der chemisch-physikalische Zustand des Wassers und mal die biologische Zusammensetzung und Vielfalt der Lebensgemeinschaft verstanden. Sinnvoll erscheint – und wird als solches im Folgenden verwandt – eine Definition, nach der die ***Ökologische Gewässergüte die Zusammenfassung*** *aller drei Komponenten ist, der* ***Güte der Gewässerstruktur****, der* ***chemisch-physikalischen Wasserqualität*** *und der* ***biologischen Gewässergüte****.*

Mit der Verbesserung der chemisch-physikalischen Wasserqualität in den deutschen Fließgewässern haben sich die Lebensgemeinschaften nicht in gleichem Maße in ihren Artenzusammensetzungen verbessert. Hintergrund dessen sind Begradigung und Verbau vieler Gewässer, ist also die schlechte morphologisch-hydrologische Gewässerstruktur. Die geschädigte Struktur der Bäche ist ein wichtiger Grund für die Armut an Tieren und Pflanzen. Ob nämlich bestimmte Pflanzen- und Tierarten in einem Gewässer leben können, hängt nicht nur von der Reinheit der Gewässer ab, sondern auch von einem hinreichenden Angebot an Kleinstlebensräumen, in denen sie überhaupt leben und sich vermehren können. ***Für die Untersuchung der Strukturgüte*** *mit den hier vorgegebenen Methoden sind besonders* ***Bäche und kleine Flüsse geeignet****, größere oder Rinnsale weniger.*

So ist die Gewässerstruktur das Primäre – und wird deshalb als Erstes behandelt. Sie gibt die Bedingungen und die Bandbreite der Möglichkeiten vor, innerhalb derer die einzelnen Arten ihre ökologischen Nischen realisieren können.

Damit wird verständlich, warum die Gewässerstruktur im vergangenen Jahrzehnt stärker ins Blickfeld der Umweltschützer geraten ist und nun eine bedeutende Rolle in der neuen Wasserrahmenrichtlinie (siehe Einleitung) einnimmt. ***Es gibt viele Möglichkeiten, im Unterricht die Struktur eines Gewässers zu behandeln, und zwar gleichermaßen in der Grundschule wie in den Sekundarstufen I und II.***

Natürliche Gewässer

Quellen sind austretendes Schichten- oder Grundwasser, im Gefälle, seitwärts oder aufsteigend im sumpfigen Boden. Weitaus seltener als diese sind die Quellseen und Sturzquellen der Gebirge oder Schmelzwasseraustritte der Gletscher. Ein naturnaher Bach ist an der Quelle sehr viel schmaler als an der Mündung, er gewinnt in seinem Verlauf an Breite und Wassermasse. Er weist Wasserpflanzen in angemessener, durch Beschattung regulierter Menge auf, die sehr wichtig für den Lebensraum der Organismen sind.

Die Beschattung kann mit Geräten gemessen und dann können unterschiedliche Gewässer untereinander verglichen werden. Dabei sind die Daten über einen ganzen Tag aufzunehmen. Das geschieht am besten mittels eines computergestützten Messgerätes, von dem über ein

Interface die Daten auf einen Computer überspielt, grafisch ausgedruckt und gemittelt werden können. (Derartiges gibt es ab 250 Euro, siehe das bei www.umweltbildung-berlin.de/laerm.php vorgestellte Multifunktionsgerät „Die Zelle“ von modul-bus (www.modul-bus.de).)

Mit zunehmender Fließstrecke münden weitere Fließgewässer in die Rinnsale und Bäche ein, und die Wasserführung nimmt zu. Aus dem Rinnsal wird ein Bach (10-100 l/s), dann ein Fluss (100-5000 l/s) und schließlich ein Strom (ab 5000 l/s). Je nach Größe sind die Gewässer in verschiedene Kategorien unterteilt, für die unterschiedliche Rechte gelten:

1. Gewässer 1. Ordnung sind schiffbare Flüsse resp. Ströme, für die der Bund oder das jeweilige Land zuständig ist.
2. Gewässer 2. Ordnung sind kleinere Flüsse oder große Bäche, deren Verwaltung den Städten und Gemeinden oder den Wasser- und Bodenverbänden obliegt.
3. Gewässer 3. Ordnung liegen unter alleiniger Verwaltung der Wasser- und Bodenverbände, welche die Unterhaltung teilweise den Grundeigentümern überlassen.

Traditionellerweise kümmerten sich die Wasserbehörden um die Gewässer 1. und 2. Ordnung und weniger um die 3. Ordnung, obgleich diese Gewässer mehr als 80 % aller Gewässer ausmachen und das Wasser samt seiner erwünschten und unerwünschten Fracht für die Gewässer erster und zweiter Ordnung liefern.

Darüber hinaus unterscheidet die EG-Fischrichtlinie zwischen sommerwarmen Flussmittel- und -unterläufen und sommerkühlen, schnell fließenden, nährstoffarmen und quellgespeisten Gewässerbereichen, denen die sommerliche Aufheizung wegen Beschattung durch den Baumbestand am Ufer fehlt. Letzteres kann auch für einen Geestbach des Tieflandes gelten, in dem bis zur Mündung ins Meer Forellen leben.

Fließgewässer bilden Vernetzungsstrukturen innerhalb der Landschaft und erfüllen wichtige Funktionen im Naturhaushalt. Derart ursprüngliche, naturbelassene Bäche machen nur noch knapp 20 % der Gewässer aus.

Die Beschaffenheit des Geländes, die Form des Tales, das Gefälle und die anfließenden Wassermengen bestimmen Charakter und Dynamik eines Gewässers, seines Abflussverhaltens und seiner Strömung.
All dies sowie die physikalische und chemische Wasserqualität machen die abiotischen Faktoren aus, die Lebensbedingungen der Pflanzen und Tiere prägen.

Die Abflüsse der Fließgewässer variieren im Lauf eines Jahres, wobei die höchsten Wasserführungen im Winterhalbjahr auftreten, insbesondere bei beginnendem Tauwetter und noch gefrorenem Boden. Kurzfristig können auch im Sommer heftige Regenfälle, vor allem bei kleineren Fließgewässern, den Abfluss verstärken, nicht selten verzehnfachen. Dies wird in Siedlungsgebieten mit starker Bodenversiegelung

verstärkt, weswegen Hochwasserschutz durch natürliche Wasserzurückhaltung, durch Entsiegelungen, Abfluss hemmende Geländegestaltung, Flutmulden und Auen wieder an Bedeutung gewonnen hat.

Je kleiner das Gewässer ist, desto deutlicher fällt der ständige Wechsel von langsam und schnell fließendem Wasser, von engem und breitem Verlauf auf. Nicht das eine oder das andere ist der natürliche Zustand, sondern eine Gewässerstruktur steten Wechsels und dadurch verursachter unterschiedlicher Dynamik des Gewässers. Strukturvielfalt ist ebenso wie Artenvielfalt und Wasserreinheit Gütesiegel eines Gewässers, ist sie ja auch die Voraussetzung einer artenreichen Lebensgemeinschaft.

Ein Unterrichtstipp: In regelmäßigen Abständen werden die Pegelstände über einen längeren Zeitraum gemessen und mit zusätzlichen Informationen über Niederschlagsmengen, Fließgeschwindigkeit und Abfluss (s. Kap. 2.3) in Beziehung gebracht, grafisch ausgewertet und öffentlich bekannt gegeben. Das Ganze kann mit einer Fotoserie unterschiedlicher Wasserstände – vom gleichen Standpunkt aus fotografiert – veranschaulicht werden. Eine Hochwasser-Reportage kann diese ergänzen.

Ziel ökologisch vertretbarer Gewässerunterhaltung ist es, die variierenden Bedingungen nicht zu stören und deshalb kritisch zu prüfen, welche Pflege- und Unterhaltungsarbeiten überhaupt notwendig sind.

Der natürliche Untergrund besteht aus grob- und feinkörnigem Substrat, also Sand, Kieseln und Steinen. Natürlicherweise nimmt die Strömung Material vom Grund auf, lagert es an anderer Stelle an (Abb. 2.1.2) und hat damit einen geschlängelten unregelmäßigen Verlauf. Der Bach fließt so, wie es ihm die Menge des Wassers, die Beschaffenheit des Untergrunds und das Gefälle vorschreiben.

Abb. 2.1.1: Ein sich schlängelnder Bach. Allerdings fehlt sein natürlicher Uferbewuchs völlig und er bewegt sich in einem extrem erosionsgefährdeten Umfeld. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 25)*

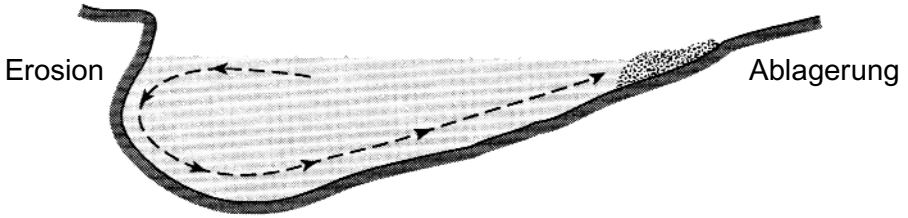
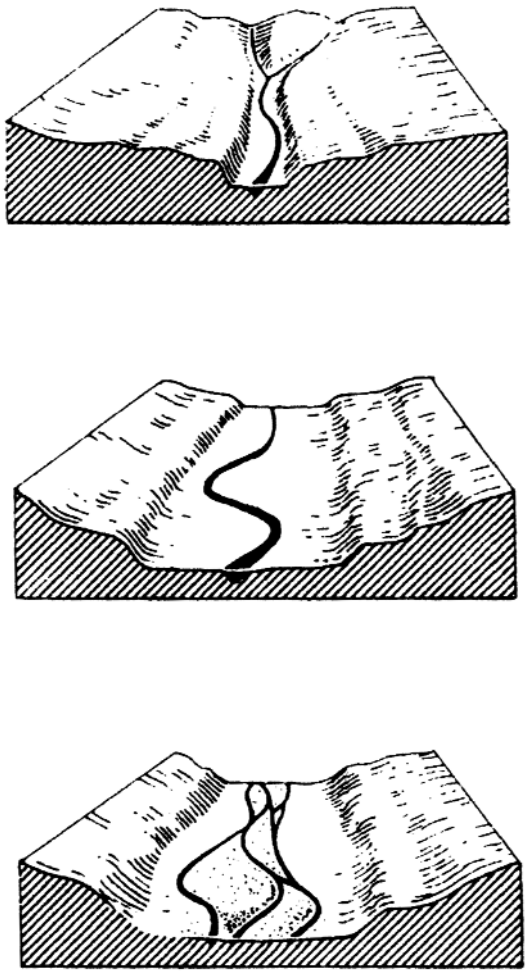


Abb. 2.1.2: In der Mäanderkurve läuft die Strömung drehend, „korkenzieherartig". (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 27)*



Er kann sich schlängeln, mäandrieren oder verzweigen (Abb. 2.1.3). In den Außenkurven des Prallhanges erfolgt zunehmende Erosion von Material, das abwärts in den Innenkurven des Gleithangs abgelagert wird. Das Gewässer erhält immer größere Schlingen, bis einmal eine Schlinge abgeschnitten als Altarm zum Stillgewässer wird (in England Hufeisen genannt) und der Bach seinen Lauf verkürzt hat (Abb. 2.1.1). So wandern die Gewässer im Laufe der Zeit durch das Gelände; Weg, Breite und Tiefe der Fließgewässer werden von diesen selbst bestimmt.

Abb. 2.1.3: Natürliche Fließgewässer können einem gestreckten, schlängelnden, mäandrierenden oder verzweigten Weg folgen. (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft)

Schlängelnd bewegt sich das Wasser im Bachbett auf dem Stromstrich, der Hauptströmung.

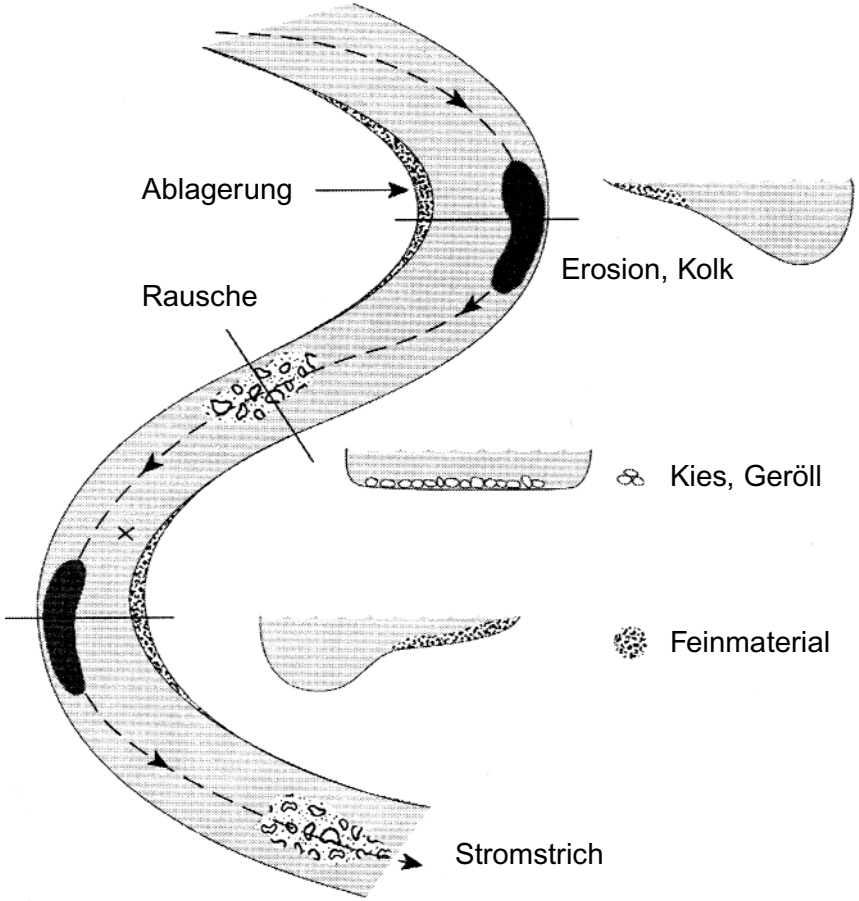


Abb. 2.1.4: Strömungsverlauf, Bett und Tiefenverhältnisse folgen einem regelmäßigen Muster im Mäander. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 26)*

Eine Wellenlänge, d.h. eine rechts und eine links verlaufende „Schlinge“ oder eine S-Kurve, entspricht in Tieflandgewässern etwa dem 10-14-fachen seiner Breite. Durch die Mäandrierung entstehen verschiedene Abschnitte, wie Prall- und Gleithang sowie Rausche, auch Furt oder "riffle" (engl.) genannt, die sich im Abstand von 5 bis 7 Gewässerbreiten abwechseln, in einem Mäander also zweimal vorkommen.

Am Prallhang kann aufgrund der Uferunterspülung ein Kolk entstehen, also ein tiefes Strudelloch mit einem feinkörnigen oder schlammigen Untergrund, wo sich in den Bach gefallene Blätter sammeln. Im gleichen Moment lagert sich auf der Innenseite des gebogenen Gewässerverlaufs, dem dem Prallhang gegenüberliegenden Gleithang, das Feinmaterial eines oberhalb gelegenen Prallhanges ab. Dazu kommen Inseln, Steine und Totholz, was alles zusammen eine Vielfalt an Kleinlebensräumen bietet (Abb. 2.1.5), die die Grundlage für ein reiches Leben in den Bächen und kleinen Flüssen bildet. Diese Abläufe vollziehen sich ausgesprochen schnell. Abb. 2.1.6 zeigt, wie sich das Bild eines Baches innerhalb eines Dreivierteljahres änderte.

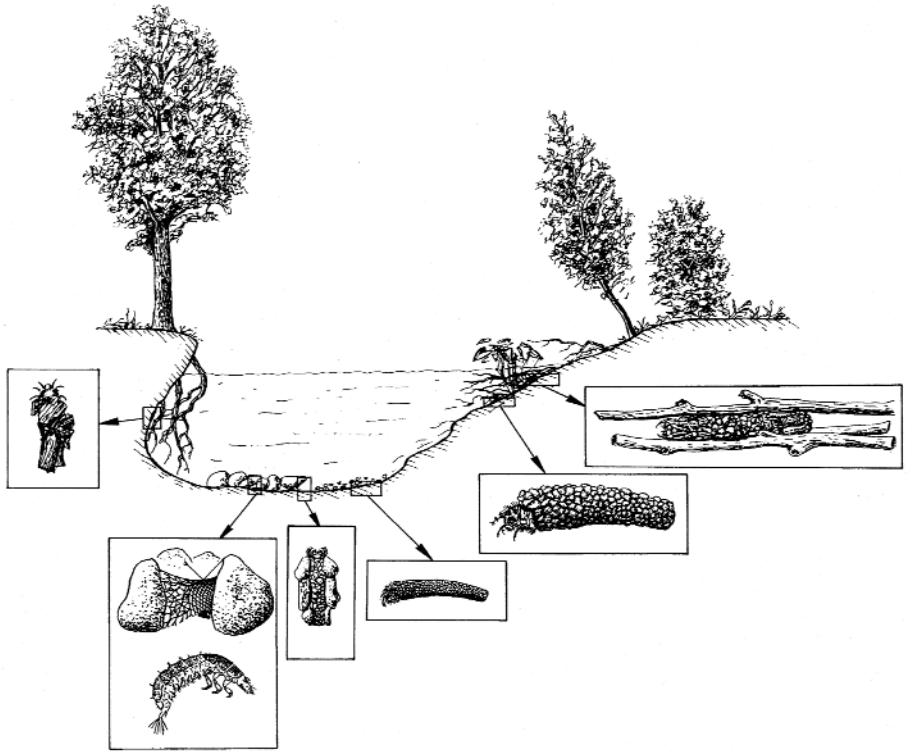


Abb. 2.1.5: Querschnitt durch einen Bach mit Prallhang (links) und Gleithang (rechts). Eingetragen sind die Larven verschiedner Köcherfliegentaxa, die sich in ihrem Köcherbau stark unterscheiden. Die Zuordnung zu den Kleinlebensbereichen hat allerdings nur orientierenden Charakter. Als Faustregel gilt, dass die Larven mit Gehäusen aus Pflanzenteilen dort vorkommen, wo die Strömung nicht sehr stark ist, und die Steingehäuse-Larven mehr in stärker durchströmten Bereichen. Durch Verdriftung und/oder aktives Aufsuchen passender Nahrungshabitate finden wir aber oftmals bestimmte Taxa dort, wo sie „eigentlich nicht vorkommen dürften“. Von links nach rechts: Potamophylax, Hydropsyche, Silo, Sericostoma, Potamophylax, Anabolia.
(Aus: FEY, J. M., S. *116)*

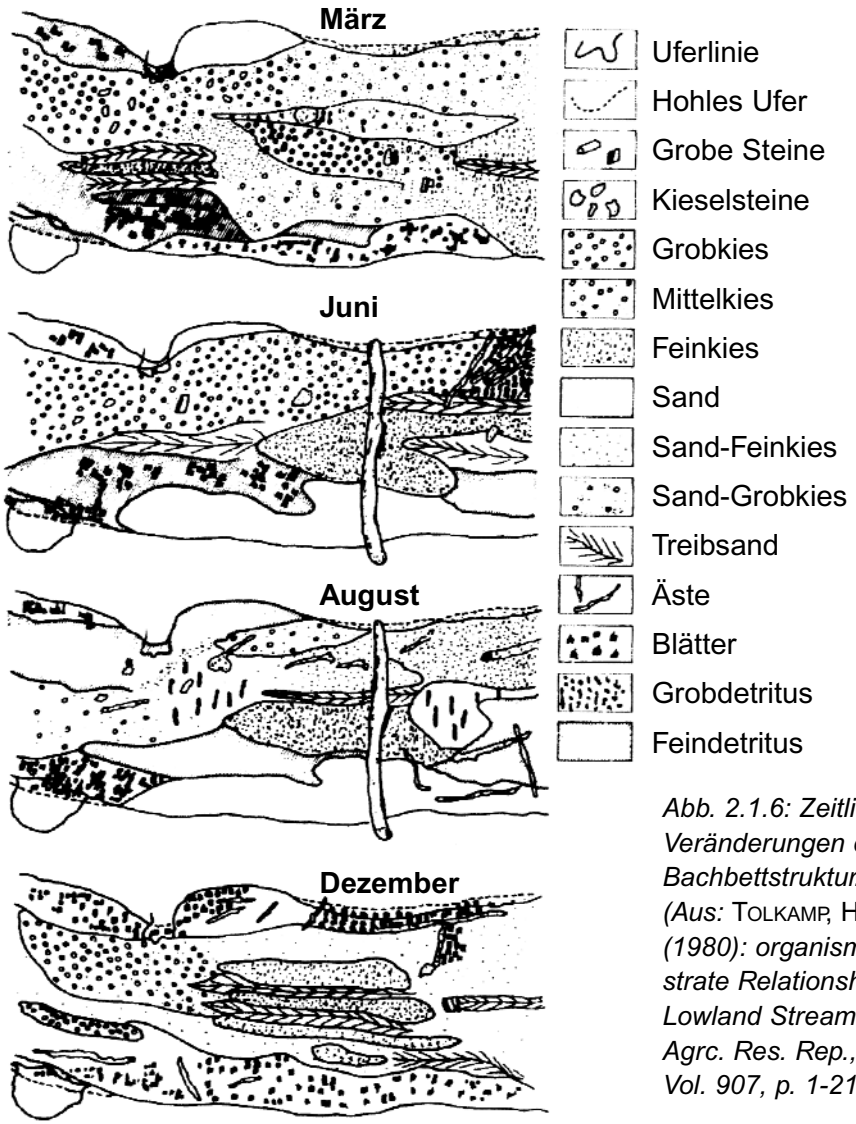


Abb. 2.1.6: Zeitliche Veränderungen der Bachbettstruktur. (Aus: TOLKAMP, H. H. *(1980): organism-substrate Relationships in Lowland Streams. Agrc. Res. Rep., Vol. 907, p. 1-211)*

Abb. 2.1.7: Laichbetten. Frisch geschlagenes Laichbett (a, Foto oben), hier laichten Bachneunaugen (b, Foto unten) und hier drei Bachforellen an einer Rausche (c, Foto siehe nächste Seite).

(Aus: TENT, *L. (2002), S. 30)*

Im Kolk leben Tiere, die keinen hohen Sauerstoffbedarf haben, wie z. B. größere Fische, die von dem Schutz profitieren, den das überstehende Ufer mit Erlenwurzeln und ähnlichen Großstrukturen bietet, während in der Rausche sauerstoffbedürftige und Strömung liebende Arten sich ansiedeln, wie z. B. Insekten- sowie Neunaugenlarven oder kleine Forellen. Man sieht, dass das Bachbett in keinem Fall eben sein und eine gleichmäßige Tiefe haben darf. Strömen dagegen in begradigten Gewässern die Sandmassen schnell abwärts, zerstören sie einem Sandstrahlgebläse gleich diese Kinderstuben der Kieslaicher (Abb. 2.1.7).

Anders verhält es sich weiter flussabwärts in den großen Flüssen und Strömen. Dort leben andere Fischarten. Barben und weiter unten Brachsen sind Leitarten und für die Gewässerabschnitte namensgebend. Der Anteil von Kies geht gegen Null und Feinsedimente nehmen zu. Die Wassertemperaturen sind im Sommer höher, der Anteil des Phytoplanktons nimmt deutlich zu und der Sauerstoffgehalt ab. Hier gibt es kein Interstitial wie in der Äschenregion des Oberlaufs, wo die Kieslaicher auf der Sohle ablaichen. Die Brachsen wandern vielmehr vom Hauptstrom in Altarme, sofern die Übergänge noch durchlässig sind, und laichen dort ab. Larven und Jungfische leben dort, teilweise geschützt durch die Binsen- und Röhrichtbestände. Später wandern sie in den Hauptstrom und kehren nur zum Ablaichen zurück.

Will man Mäander wiederherstellen, darf man deren Abstand aufgrund der Gewässerbreite nicht zu groß berechnen, weil die Gewässer auf Grund der Begradigungen (s. u.) viel zu breit sind.

Ein naturnaher Bach ist an der Quelle sehr viel schmaler als an der Mündung, er gewinnt in seinem Verlauf an Breite und Wassermasse. Er weist Wasserpflanzen in angemessener, durch Beschattung regulierter Menge auf, die sehr wichtig für den Lebensraum der Organismen sind. Die Gewässer bleiben kühl und sauerstoffreich. Damit kann dann die Ufervegetation Insektenlarven und Kleintiere beherbergen, Nahrung von Fischen und Vögeln, die im Randstreifen gut nisten können. Große Bäume befestigen das Ufer und bieten Höhlenbrütern Nistmöglichkeiten. Und im Herbst ist insbesondere der Laubfall der Erlen eine wesentliche Nahrungsgrundlage.

Der Uferbereich ist vielfältig gestaltet. Er besteht u.a. aus Feuchtwiesen, auf denen bis zu 3500 verschiedene Arten leben, und aus einem Ufergehölzsaum, der meist aus Erlen oder Weiden besteht, die für ausreichende Beschattung sorgen. Dieser Uferbewuchs belastet den Bach zwar auch, denn in den Bach fallende Äste und Blätter sind dem Zersetzungsprozess ausgesetzt, bei dem Faulgase entstehen können. Doch wenn die Fließgeschwindigkeit des Baches ausreichend ist, wird die Wasserqualität meist nicht beeinträchtigt. In diesem Fall ist Totholz ein fester Bestandteil im Ökosystem Bach, der Lebewesen Versteckmöglichkeiten bietet, s. SCHWOERBEL, J. (1999): Einführung in die Limnologie. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm (Gustav Fischer Verlag), S. 68.

Im Boden der Feuchtwiesen leben Bakterien, die den Stickstoffkreislauf schließen, indem sie Nitrate denitrifizieren und Stickstoff an die Atmosphäre veratmen (Abb. 2.1.8):

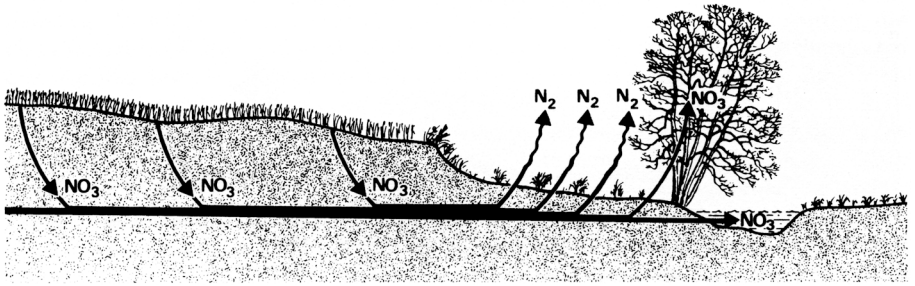


Abb. 2.1.8: Feuchtwiesen und Feuchtgebiete entfernen Nitrat durch Denitrifikation. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 149)*

Gewässerausbau

Siedlung, Handel und Wanderung der Menschen sind von alters her an die Fließgewässer gebunden. Kriegszüge, Handelswege, Völkerwanderung und Städtegründungen zeugen davon. Unter Meidung ufernaher Bereiche wurden Weiden angelegt und Ackerbau betrieben.
Dies änderte sich mit dem beginnenden Bevölkerungswachstum in der Neuzeit, der damit verbundenen Technisierung und dem größeren Nutzungsdruck auf der Fläche.

In der modernen Industriegesellschaft haben Gewässer vielfältige, z. T. schwerlich zu vereinbarende Funktionen: Erwerbsquelle der Binnenfischerei, Trinkwasserreservoir, Beregnung landwirtschaftlicher Nutzflächen und Versorgung von Viehtränken, Verkehrsweg, Vorfluter

für Ab- und Kühlwässer, Erholungsgebiet für Wassersportler. Hinzu kommen die massiven Veränderungen in der Landschaft, die wachsende Versiegelung und zunehmende Bodenerosion.

Infolge dieses Nutzungsdruckes wurden die Bäche und Flüsse begradigt, ausgebaut und mit Querbauten, wie Wehren, versehen. Damit werden die Auen trockengelegt, das Grundwasser abgesenkt, die Flächen der verstärkten landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt und Verkehrswege für die Schifffahrt erschlossen. Mit dem Verlust der Auen und Feuchtgebiete verarmt die Landschaft, gehen Biotope und Kleinstlebensräume verloren.

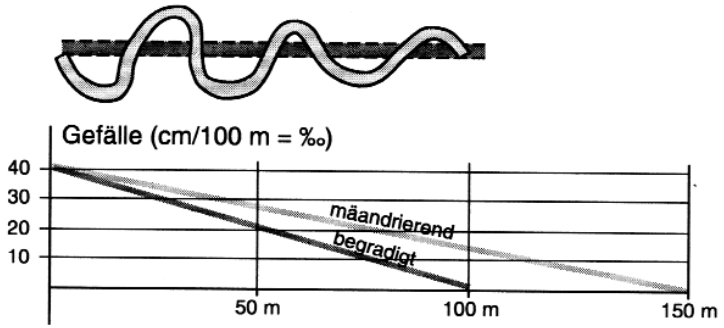


Abb. 2.1.9: Wenn ein mäandrierender Bachlauf begradigt wird, erhöht sich sein Gefälle. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 31)*

Mit der Begradigung ändert sich die Strömung, da das Gefälle zunimmt (Abb. 2.1.9) mit der Folge, dass bei gleicher Breite höhere Kräfte wirken und den Boden auswaschen. Das schnell abfließende Wasser reißt die losen Bestandteile der Sohle mit, die Tiefenerosion beginnt.

Dadurch wird wiederum die Abflussgeschwindigkeit beschleunigt, zu Zeiten von Hochwasser erwünscht, doch äußerst problematisch. Die erhöhte Fließgeschwindigkeit verlangt einen zusätzlichen Hochwasserschutz aufgrund der damit gesteigerten Hochwassergefahr für Unterlieger. Außerdem stehen nun weniger Uferfiltrat, Schichten- und Grundwasser zur Verfügung. Deutlich wird der Widersinn, sobald in den warmen Monaten energieaufwendig tiefere Wasserschichten zur Bewässerung der Felder gefördert werden.

Das Ufer wird zusätzlich verstärkt unterspült (Abb. 2.1.10), wenn der schützende Erlensaum fehlt, was bei Begradigungen i. d. R. der Fall ist – 1 große Erle kann bis zu 50 t Boden festhalten (Abb. 2.1.11). Hierdurch ist der nächste Eingriff vorprogrammiert: Der aufgrund der Bodenerosion abgetragene Sand lagert sich flussabwärts ab (Abb. 12, vgl. 2.1.18 nach begonnener Renaturierung) und muss dort ausgebaggert werden. Mit der Seitenerosion wird der Bach zu breit, verliert dann an Fließgeschwindigkeit, es fehlt an der bei den üblichen mittleren und niedrigen Wasserständen notwendigen Turbulenz des Wassers, und er endet dann nicht selten als öder breiter Kanal.

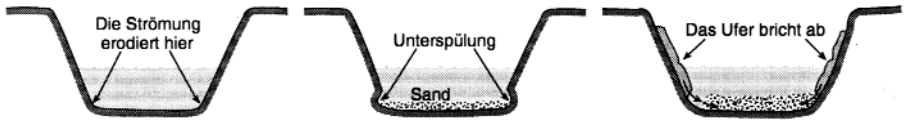


Abb. 2.1.10: Die Strömung kann ungeschützte und verletzte Ufer untergraben und ihren Einsturz bewirken. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 33)*

Abb. 2.1.11: Erlenwurzeln sichern das Ufer optimal. (Fotos DR. HERBERT REUSCH *(a)* DR. LUDWIG TENT *(b) aus:* TENT, L. *(2001), S. 46)*

Ein Teufelskreis ist auch in Bezug auf die Flora des Gewässers entstanden. Das Ufer wird im Zuge der regelmäßigen Gewässerunterhaltungsmaßnahmen gemäht (Abb. 2.1.13), und es fehlen oft Bäume und Sträucher am Rande des Gewässers. Damit ist die ausreichende Beschattung des Baches nicht mehr gesichert. Ein vermehrtes Pflanzenwachstum macht sich im Gewässer breit, durch das der Wasserabfluss nicht mehr gesichert ist. Jetzt muss wieder mit dem Mähkorb durch den Bach gegangen werden, um die Pflanzen zu entfernen.

Abb. 2.1.12: Vollständig versandet, nach begonnener Renaturierung vgl. 2.1.18 (Foto DR. LUDWIG TENT*)*

Aufgrund der Bewirtschaftung der anliegenden Flächen stehen keine Bäume mehr. Daraus ergibt sich der weitere Nachteil, dass sich, besonders im Sommer, die Temperatur des Gewässers stark erhöht. Nun kann noch weniger Sauerstoff im Wasser gebunden werden (siehe Kapitel 3.2 „Die Lebensbedingungen“). Außerdem sind viele Tiere auf eine geringe Temperatur angewiesen.

Abb. 2.1.13: Pflanzenmahd mit Mähkorb in einem Kanal. (Aus: TENT, L. *(2002), S. 22)*

Ein weiteres Problem stellen die Querbauten dar: Die an ihre besonderen Lebensräume angepassten tierischen Fließgewässerarten wandern meist während ihres Lebenszyklus. So wandern Lachs und Forelle weite Strecken und suchen ihre Laichplätze auf. Ähnliches gilt für viele die Gewässer bewohnenden Insekten, die manchmal nach ihrer Häutung zum Vollinsekt in einem Kompensationsflug flussaufwärts die Strecke ausgleichen, die sie als Larve im Bach oder Fluss abgetrieben wurden (Abb. 2.1.14). All das bleibt ihnen mit Querbauten im wahrsten Sinne des Wortes verwehrt, eine ökologische Barriere, die letztendlich zu Verarmung der Artenvielfalt des Gewässers, der genetischen Erosion oder gar zum Aussterben führt.

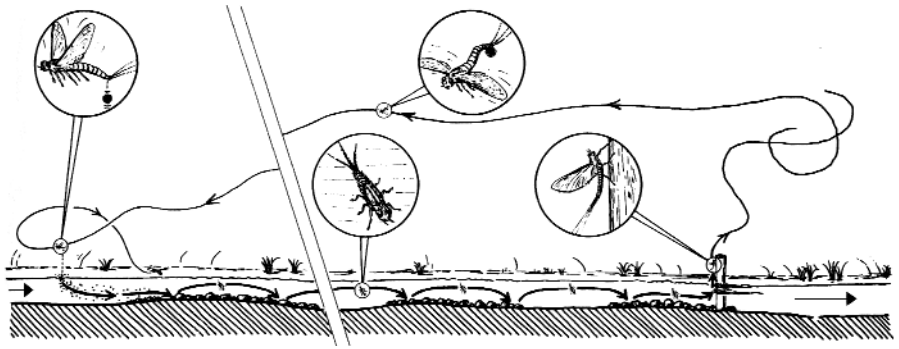


Abb. 2.1.14: Abdrift und Hochzeitsflug (Kompensationsflug) im Lebenszyklus einer Eintagsfliege. (Aus: Madsen, B. L. & Tent, L.*, S. 107)*

Ein grundlegendes Problem staureguliertes Fließgewässer ist, dass sie nicht nur in voneinander abgetrennte Abschnitte unterteilt werden, sondern dass diese die Charakteristika von Stillgewässern annehmen: Die kiesige oder sandige Bach- resp. Flusssohle verschlammt, die für Fischbrut und Insekten wichtigen Kieslücken gehen verloren, Nährstoffe bleiben am Ort, die Eutrophierung und die sommerlichen Temperaturen des Oberflächenwassers nehmen zu, und der Sauerstoffgehalt geht zurück. Strömung liebende und sauerstoffbedürftige Tierarten nehmen ab, während an Stelle der Weidegänger und Zerkleinerer sich nun Sammler und Filtrierer ausbreiten.

Renaturierung

Die Kartierung von Gewässern und die Bewertung der Gewässerstruktur legen die Frage nach den Möglichkeiten des Rückbaus und der Renaturierung nahe, eine Frage, der im Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe“ große Bedeutung beigemessen wurde, s. 2.6: Praxisbeispiele.

Der Informationsbogen „Biotop-Kartierung“ (auf der folgenden Seite) dient bei der Kartierung als Legende für eine Handskizze. Je nach Gelände und Altersstufe kann die Legende abgewandelt, gekürzt oder vereinfacht werden.

1. Baumbestandene Flächen

- natürliche und naturnahe baumbestandene Flächen
- **F** Forst
- **W** natürlicher und naturnaher Wald (+ Art)
- Geschlossene Gehölzgruppe
- **Fg** Feldgehölz (+ Art)
- **Pl** Plantage (+ Art)
- **Gb** Gebüsche (evt. + Art)
- Einzelbaum
- Einzelbaum, herausragend
- Einzelbaum, Naturdenkmal

Wald- und Baumarten (evt. + Alter)

- Laubbäume
- Nadelbäume
- **Mi** Mischwald
- **Br** Bruchwald
- **Na** Nadelwald
- **Ki** Kiefern
- **Fi** Fichten
- **La** Lärchen
- **Bu** Buchen
- **Ei** Eichen
- **Bi** Birken
- **Er** Erlen
- **Pa** Pappeln
- **Eb** Ebereschen
- **Ka** Kastanien
- **Wc** Wacholder
- **AmEi** Amerikanische Eichen

Beispiele:

- **WMi** *Mischwald*
- **WBrEr** *Erlenbruch*
- **FFI** *Fichtenforst*
- **FgKi** *Feldgehölz, vorw. Kiefern*

2. Offene Fläche

a) genutzt:

- bebaute Fläche
- **A** Acker
- **G** Grünland
- **Gi** Grünland, intensive Nutzung
- **Ge** Grünland, extensive Nutzung
- **BuWei** Buckelweide
- **WIA** Wildacker
- **Ga** gartenartige Nutzung
- Zaun

b) ungenutzt, natürlich oder naturnah:

- Brache (+ Zusatz)
- offene Flächen (+ Zusatz)
- Moor /Moorheide
- Sumpf/Niedermoor (+ Zusatz)
- **Gr** grasig/krautig
- **Ho** Hochstaudenflur
- **SH** Sandheide
- **KH** Kiefernheide
- **Tr** Trockenrasen
- **FH** Feuchtheide
- **Se** Seggenried
- **Rö** Röhricht
- **Ru** Ruderalfläche
- **Q** quellig

Beispiele:

- SH *Sandheide*
- Se *Seggenried*

3. Gewässer

- **W** Weiher
- **T** Teich
- **Tu** Tümpel
- Fließrichtung
- **QU** Quelle
- **Q** quelliges Areal
- Fließgewässer, natürlich
- **–G–** Graben, ökologisch wertvoll (besonders defizitäre erhalten Kennzeichnung)
- Röhricht
- Bach verkrautet
- Sandbank
- Gewässeraufweitung
- Steilufer
- Störsteine
- Sohlenbefestigung
- Uferbefestigung
- Böschungsbefestigung
- Sohlabsturz
- Sohlgleite
- Grundschwelle
- Wehr
- Sandfang
- Brücke
- Verrohrung/ Durchlass
- zufließender Bach/Graben
- Einleiter

4. Lineare Strukturen (Ränder, Säume, Wege u.a.)

- Weg/Straße
- Baumreihe
- wertvolle Randstreifen, im Wesentlichen Gras, Stauden, Brombeeren
- mit Gebüsch/Hecke
- mit Einzelbäumen
- Hw Hohlweg
- Randstreifen, ökologisch wertlos, da zu schmal
- Plattenweg
- Kopfsteinpflaster
- asphaltiert / betoniert
- Samtgemeindegrenze
- NSG-Grenze

5. Sonstiges

- (5) Hinweis auf Erläuterungen in der Legende
- **St** Steinhaufen, Findlinge
- **SG** Sandgrube
- **SGT** Sandgrube mit Wasser
- Ablagerungen: Müll, Schutt, organische Abfälle
- Si Silage
- Gü Gülleablagerungen
- XXXX Vorschlag zur Anlage von ca. 4-6 m breiten Wildwuchsstreifen (Hecken, Gebüschstreifen, Benjes-Hecken) zur Beseitigung von ökologischen Defiziten und zur Vernetzung.

Nach TENT, L.: Arbeitskreis Naturschutz in der Samtgemeinde Tostedt, und PRIGGE, S. (1997): Schulen für eine lebendige Elbe, Hamburg (ZSU, IfL).

Bislang sind Unterhaltungsmaßnahmen notwendig, um den Wasserabfluss zu gewährleisten, denn die Gewässer versanden und wachsen zu, wenn ihnen durch Begradigung und Ausbaggerung ihre natürlichen Strukturen genommen werden. Da aber durch fortdauernde Pflege- und Unterhaltungsarbeiten die Breitenerosion der Bäche und Flüsse tiefer und breiter als ursprünglich für den Ausbauzustand vorgesehen ist, lassen sich problemlos möglich Verengungen mit Steinen, Kiesbänken oder Totholz vornehmen, ja man kann sogar im Kanal tätig werden (Abb. 2.1.15). MÜLLER berichtet von der Renaturierung eines Stadtbaches durch Oberstufenschüler und FRENZ von Fischbeobachtungen in einem kanalisierten Bach. Weitere Unterrichtsanregungen gibt FEY (1994).

Abb. 2.1.15: Selbst im Betonkasten kann der Bach so belebt werden. (Aus: TENT, L. *(2002), S. 36)*

Ziel ökologisch vertretbarer Gewässerunterhaltung ist es, die variierenden Bedingungen nicht zu stören und deshalb kritisch zu prüfen, welche Pflege- und Unterhaltungsarbeiten überhaupt notwendig sind (s. hierzu das ETR-Modell in den Sachinformationen zum Kapitel 1. „Gewässerumfeld“).

Hier ist ein für die Auseinandersetzung mit den für die Gewässerunterhaltung verantwortlichen Stellen sehr wichtiges Argument zu erwähnen: Der Ausbau der Gewässer muss den durchschnittlich zu erwartenden Wassermengen entsprechen. Das sind über 200 Tage Niedrigwasser im Jahr. Hochwasser mit einer Verdoppelung der Wassermenge gibt es lediglich in einem Zeitraum von zwei Wochen. Dafür sind nicht Bäche auszubauen, sondern Überflutungswiesen bereitzustellen.

Grundsätzlich ist den Ursachen vorzubeugen, die die Unterhaltungsmaßnahmen notwendig machen. Die Gewässer sind in einer Weise zu behandeln, bei der nicht mehr gegen ihre Dynamik, sondern mit deren Kräften gearbeitet wird. Insbesondere müssen Strukturen geschont werden, die die Gewässer wieder herzustellen beginnen, was oftmals damit beginnen kann, dass statt der routinehaften und maschinellen Gewässerunterhaltung diese punktuell und mit Handarbeit erfolgt.
Es hat sich gezeigt, dass eine schonende Pflanzenmahd nicht teurer ist als die übliche harte maschinelle Gewässerunterhaltung.

Hier gilt, wie auch für alle weiteren Maßnahmen, dass es unabdingbar notwendig ist, vor dem Beginn irgendwelcher Tätigkeiten die jeweiligen Verantwortlichen anzusprechen, und zwar nicht nur aus rechtlichen und ggf. Schadensersatzforderungen vorbeugenden Gründen, sondern vielmehr aus inhaltlichen:

1. Jede wasserbauliche Veränderung, die nicht durch entsprechende Veränderung der Praxis der Gewässerunterhaltung begleitet wird, bleibt erfolglos, da die tradierte Praxis der Pflegemaßnahmen die Veränderungen wieder zunichte machen wird.
2. Will man beispielgebendes Vorbild Wirklichkeit werden lassen, sind alle Betroffenen, insbesondere die Verantwortlichen, zu beteiligen. So werden die Akteure erreicht, mit denen eine nachhaltige Wasserbewirtschaftung zum Stand der guten und allgemein gängigen Praxis werden kann.

Wird ein Fließgewässer sich selbst überlassen, bleiben Uferabbrüche und umgestürzte Bäume liegen, unterbleiben Mahd des Ufers und Ausräumen der Wasserpflanzen, kann das Gewässer seine natürliche Form wieder zurückgewinnen (Abb. 2.1.16), sofern zum Abfluss noch hinreichend viel Wasser vorhanden ist und die jahreszeitlichen und hochwasserbedingten Pegelschwankungen zugelassen werden. Derartige Maßnahmen sind billig, setzen aber – und das ist meist sehr teuer – den vorherigen Aufkauf des Gewässerrandstreifens resp. Ausgleichszahlungen an die bisherigen Nutzer des Ufers voraus.

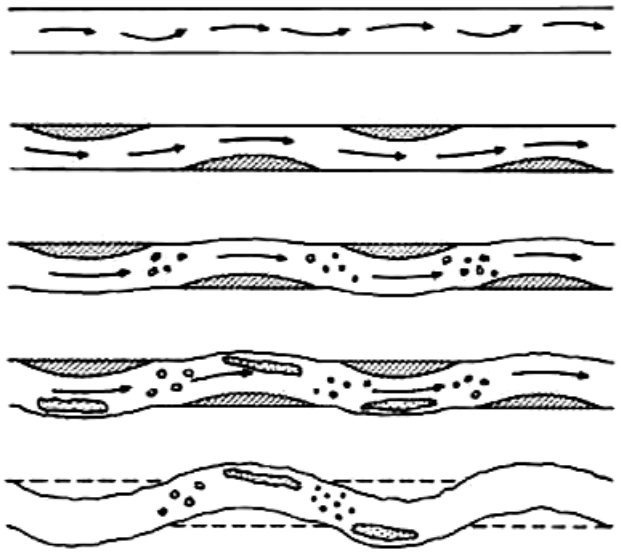


Abb. 2.1.16.: Eigendynamische Mäanderausbildung. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L., *S. 134)*

Um die Versandung zu verhindern, sollte ein Bachbett geschaffen werden, das aus Kieseln und Steinen besteht. So sind die gestohlenen Steine zurückzugeben. Sohlgleiten, Kies- und Geröllbänke und vor allem Störsteine (Abb. 2.1.17) und Dreieckbuhnen als Strömungslenker können angelegt werden (neue Abb. 2.1.18, vgl. vorherigen Zustand Abb. 2.1.12). Die Bänke sind in einem gewissen Abstand einzubringen, in dem sie die natürliche Wasserdynamik unterstützen und durch die verstärkte Strömung und Turbulenz im Wasser (s. Abb. 2.6.12) den Sauerstoffgehalt erhöhen. Des Weiteren tragen sie zur unterschiedlichen Tiefe und Breite des Baches, den natürlichen, variierenden Bedingungen der Strukturvielfalt bei.

Abb. 2.1.17: Ein Beispiel für gewonnene Turbulenz durch Störsteine. Links im Spiegelbild der Bäume im Wasser und rechts bei der Turbulenz ist die Wirkung der Steine gut erkennbar. Stichwort: 2 Steine bringen eine Forelle. (Foto: Dr. Ludwig Tent)

Man kann umgestürzte Bäume liegen und vor allem Unterhaltungs- und Pflegemaßnahmen sein lassen. Mit der dem Gewässer eigenen Dynamik bahnt es sich seinen Raum. Komplizierter, im Genehmigungsverfahren schwieriger und teurer wird es, sobald gewässerbauliche Maßnahmen notwendig werden, wie z. B. Entfernen von Verrohrungen, Wehren, Sohl- oder Uferbefestigungen.

Solche Verbesserungen bringen auch in Stadtbächen die standorttypische Lebensgemeinschaft zurück, wie das Projekt „Forelle 2010“ in Hamburg zeigt.

http://fhh.hamburg.de/coremedia/generator/Aktuell/bezirke/wandsbek/service/umwelt/start.html

Falls diese Adresse nicht mehr zum Erfolg führen sollte – einfach „Forelle 2010“ über eine Suchmaschine aufrufen.

Abb. 2.1.18: Einengung des Bachbettes zur Förderung der Strömung, dadurch wurden, vgl. Abb. 2.1.12, die angeschwemmten Sandmassen beseitigt. (von links oben nach rechts unten). (Foto: Dr. Ludwig Tent)

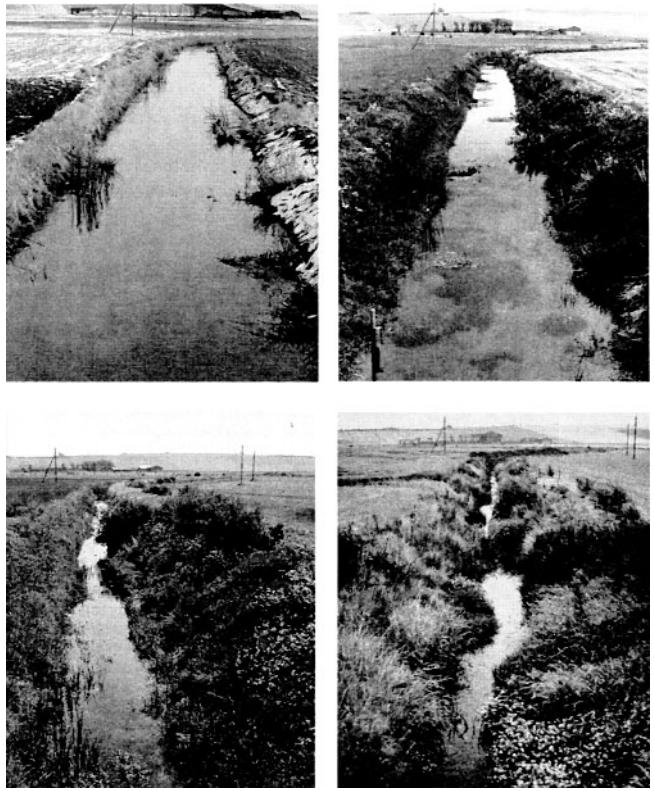
Beginnen und den Bach zum Schlängeln verleiten kann man, indem zunächst ein schmaler Streifen im Bach entlang dem Strich der Hauptströmung (Abb. 2.1.4) gemäht wird, was trotz – oder gerade wegen – des geringen Aufwandes innerhalb nur weniger Jahre deutliche Erfolge zeitigt (Abb. 2.1.19). Zusätzlich kann man wechselseitig am Ufer Pflanzenbänke für schlängelnden Verlauf stehen lassen (Abb. 2.1.20), die dann Wurzelnester bilden und damit die Seitenerosion verringern sowie Sand und Schlamm festlegen (Abb. 2.1.21).

Der Bachverlauf wird schmaler mit turbulenter Strömung und tieft sich in die vorher abgelagerten Feinsedimente ein (Abb. 2.6.11).

Abb. 2.1.19: Die Skiveren Au in Thisted (DK) wurde zwischen 1987 und 1990 durch Anwenden der Stromrinnen-Mahd vollständig umgewandelt (von links oben nach rechts unten). (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 64)*

Noch aufwendiger ist z. B. die Wiederherstellung der Mäander. Dabei wird versucht, den gewundenen Verlauf des Fließgewässers durch die Ausbaggerung eines neuen Bachbettes wiederherzustellen. Am neuen Ufer kann auf Anpflanzungen verzichtet und stattdessen der Pflanzensukzession, der langsamen und natürlichen Ansiedlung, Vorrang gegeben werden. Derartiges erfordert eine ausführliche Planung und zieht ebenfalls meistens Ausgleichszahlungen für die Grundeigentümer nach sich. Zur Festigung des Ufers werden Bäume in Bachnähe angepflanzt, deren Wurzelwerk das Ufer sichert. Die Bäume sorgen zusätzlich für Beschattung des Baches, wenn diese an der der Sonne zugewandten Seite stehen. Wenn der Bach nicht der vollen Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, wird das Pflanzenwachstum verringert, da Sonnenenergie für die Fotosynthese benötigt wird. So sind Mähungen nicht mehr nötig. Der Sauerstoffgehalt des Gewässers steigt an, da nicht mehr so viele abgestorbene Pflanzen zersetzt werden.

Abb. 2.1.20: Stehen gelassene Wasserpflanzenbestände entwickeln sich über die Zeit zu Uferbestandteilen. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 42)*



Renaturierungen sind natürlich im freien Bereich deutlich einfacher zu realisieren als im bebauten. Sind die Gewässer lediglich begradigt und nicht ausgebaut, kann man mit dem Liegenlassen des Randstreifens beginnen.

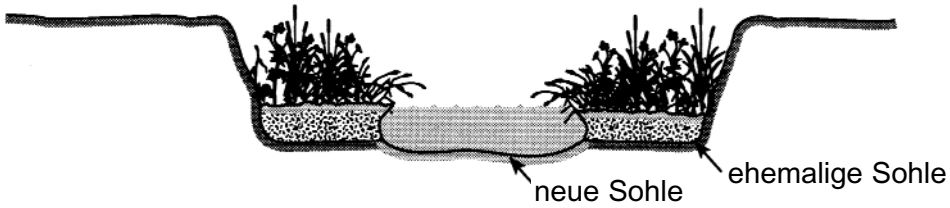


Abb. 2.1.21: Stehen gelassene Wasserpflanzenbestände entwickeln sich über die Zeit zu Uferbestandteilen. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 43)*

Mit Randstreifen zwischen Bach und landwirtschaftlich bewirtschafteter Fläche, Äcker wie auch Grünland, kann die durch Niederschlag verursachte direkte Düngereinschwemmung vermieden werden. Durch eine komplette Einzäunung der Weide zum Fluss kann vermieden werden, dass die Tiere ihn als Tränke benutzen und das Ufer zerstören. Statt dessen sind Viehtränken zu installieren (Abb. 2.1.22)

Um zusammenhängende Fließsysteme zu erhalten, in denen Organismen wandern können, müssen die unüberwindbaren Hindernisse, wie Verrohrung, Wehre und Abstürze, aus dem Weg geräumt werden. Statt der Wehre und Abstürze könnten Rauschen errichtet werden, die das Wasser auch „sicher über das Gefälle“ bringen und Tieren, wie z. B. Forellen, trotzdem die Chance geben, sie zu überqueren. Wenn es sich um ein besonders starkes Gefälle handelt, kann dies durch Rausche-Kolk-Folgen überbrückt werden.

Abb. 2.1.22: Viehtränke aus Holz und mit Bodenbefestigung aus Geröll, der Elektrozaun verhindert, dass die Tiere ins Bachbett steigen. (Aus: TENT, L. *(2002), S. 44)*

Muss der Bach durch ein Rohr unter einer Straße hindurch geführt werden und gibt es hierzu keine Alternativen, wie z. B. eine Brücke, muss darauf geachtet werden, dass das Rohr tief genug und waagerecht im Wasser liegt. Ggf. muss es tiefer gelegt werden, damit Fische hinein und hinaus schwimmen können (Abb. 2.1.23). Am Ein- und Ausgang ist Substrat zu lagern, um die Tiere zum „Eintritt“ zu bewegen. Auch in das Rohr sind Steine, Kies und Sand einzubringen (Abb. 2.1.24) und gegebenenfalls Ruhestellen mit Hilfe von festen Einbauten anzulegen. So können dann auch Wirbellose und schwächere Fische durch das Rohr gelangen und andere Teile des Baches besiedeln.

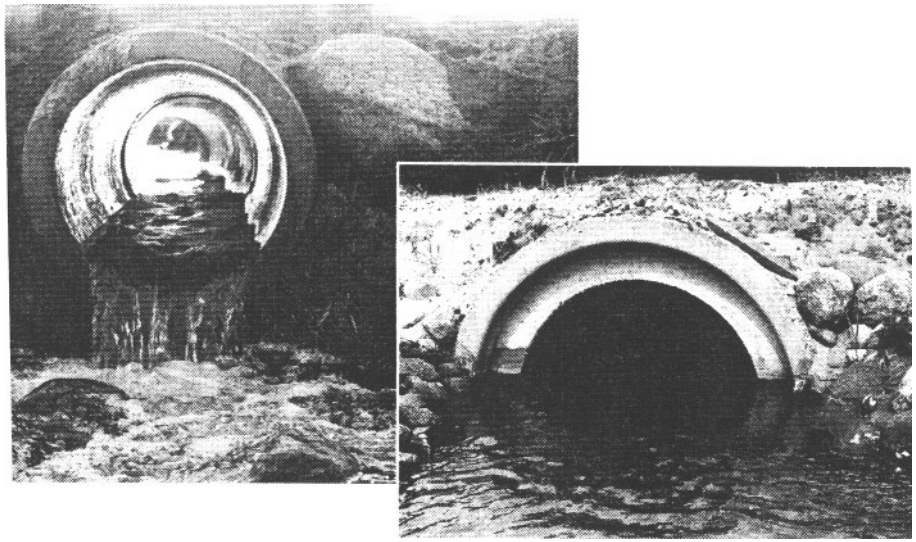


Abb. 2.1.23: Je ein Beispiel für eine unpassierbare und eine mit Bedacht eingebaute Überfahrt. (Aus: MADSEN, B. L. & TENT, L.*, S. 101)*

Absoluter Höhepunkt ist der Wiederbesatz mit ehemaligen, zwischenzeitlich regional ausgestorbenen Arten. Im Internet sind unter

www.ig-dreisam.de/fotos/160202kies/thorsten/kiesfotos.html

die Aufzucht von Bachneunaugen sowie der Besatz mit Eiern der Bachforelle im Kiesbett und in so genannten WV-Boxen zu sehen, die nach den Fischereibiologen Whittlock und Vibert benannt wurden und zum Schutz von Räubern dienen.

Abb. 2.1.24: Absturz wurde beseitigt und die Durchgängigkeit mit kleinteiliger Gestaltung des Bachbettes unter der Brücke gefördert. (Foto: RAINER BLUM*)*

LITERATUR
ZU KAPITEL 2: GEWÄSSERSTRUKTUR – GEOMORPHOLOGISCHE BEWERTUNG

BURKHARDT, R., OTTO, A. & HESS, C.-R. (1973): Gewässerrenaturierung und Landwirtschaft. Bonn (aid).

FEY, J. M. (1994): Ökosystem Stadtbach. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 43, Heft 2, S. 2 - 8.

FEY, J. M. (Hrsg.) (1995): Lebensraum Auen. Unterricht Biologie, 19, Heft 4.

FRAEDRICH, W. (Hrsg.) (1998): Boden. Geographie heute, 19, Heft 161.

FRENZ, C. (1994): Fische im Stadtbach. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 43, Heft 2, S. 22 - 27.

FREY, M. J. (1996): Biologie am Bach – Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz. Wiesbaden (Quelle & Meyer).

HEHMANN, F., NIEMEYER-LÜLLWITZ, A. & GOLL, A. (1986): Fische kleinerer Fließgewässser: Biologie, Gefährdung, Schutz. Unterricht Biologie, 19, Heft 113, S. 31 - 38.

LICHTNER, H.-D. (1996): Lebenslauf eines Baches – ein Kooperationskurs Biologie/Geographie, Biologie in der Schule, 45, Heft 5, S. 272 - 283.

MADSEN, B. L. & TENT, L. (2000): Lebendige Bäche und Flüsse. Hamburg (Edmund Siemers-Stiftung, (www.umwelt.schleswig-holstein.de/?11616), ISBN 3-89811-546-1.

MÜLLER, F. (1994): Die Renaturierung eines Stadtbachs – eine ökologische Bewertung in einem Ökologiekurs der Sekundarstufe II. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 43, Heft 2, S. 35 - 42.

TENT, L. (2001): Pflanzen und ihre Bedeutung für Fließgewässer – Praxistipps. Hamburg (Edmund Siemers-Stiftung), ISBN 3-932681-29-0.

TENT, L. (2002): Bessere Bäche – Praxistipps. Hamburg (Edmund Siemers-Stiftung), ISBN 3-932681-3.

WROZ, W. (1997): Bodenvergiftung und Bodenversauerung. Geographie und Schule, Heft 108 (8), S. 24 - 32.

Ein ergänzender Hinweis zu dem folgenden Arbeitsbogen für eine genauere Untersuchung von

Uferstruktur und Uferbewuchs

Die Beschattung kann mit Geräten gemessen und dann können unterschiedliche Gewässer untereinander verglichen werden. Dabei sind die Daten über einen ganzen Tag aufzunehmen, das geschieht am besten mittels eines computergestützten Messgerätes, von dem über ein Interface die Daten auf einen Computer überspielt, grafisch ausgedruckt und gemittelt werden können. (Derartiges gibt es ab 250 Euro, s. das bei umweltbildung-berlin.de/laerm.php vorgestellte Multifunktionsgerät „Die Zelle“ von modul-bus, im Internet unter www.modul-bus.de).

UNTERSUCHUNG VON BACH- UND FLUSSBETT, UFER UND AUE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Aufgabenstellung

1. Beschreibt mit Hilfe der Checkliste einen Abschnitt des Fließgewässers. Kreuzt jeweils nur eine zutreffende Antwort an.

2. Bestimmt anhand der vollständig bearbeiteten Liste die Natürlichkeit des Fließgewässers.

   Ermittelt mit Hilfe des Bewertungsbogens die Gesamtpunktezahl eines Gewässerabschnittes.

   Lest aus der Bewertungshilfe den Grad der Natürlichkeit des Gewässerabschnittes ab.

Bewertungshilfe

Punktzahl	Grad der Natürlichkeit
> 79	natürlich
79 - 60	naturnah
59 - 40	wenig naturnah
39 - 20	belastet, naturfern
< 20	stark belastet, sehr naturfern

Auswertung

1 Vergleicht die Ergebnisse der verschiedenen Gewässerabschnitte. Gibt es Erklärungen für unterschiedliche Ergebnisse?

2 Für welche Eigenschaft hat das Fließgewässer die wenigsten Punkte erzielt (berücksichtigt nur die bepunkteten Eigenschaften)?
Gibt es hierfür eine Erklärung?

3 Für welche Eigenschaft hat das Fließgewässer die meisten Punkte erzielt (berücksichtigt nur die bepunkteten Eigenschaften)?
Gibt es hierfür eine Erklärung?

4 Mit welchen Maßnahmen würdet ihr die Natürlichkeit des Fließgewässers verbessern?

Wieber, R., Schäfer, T. et al. (2000): Lernort Gewässer. München (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Staatsinstitut für Schulentwicklung und Bildungsforschung), S. 75-77.

UNTERSUCHUNG VON BACH- UND FLUSSBETT, UFER UND AUE / CHECKLISTE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Aufgenommen am _____ Name des Bachs _____

Abschnitt von _____ bis_____

Gruppe _____

Kreuze bei jeder Nummer nur eine Möglichkeit an!

1. Art des Gewässers
- ○ Rinnsal
- ○ Bach
- ○ kleiner Fluss
- ○ großer Fluss (Strom)

2. Laufentwicklung
- ○ gestreckt
- ○ mäandrierend
- ○ verzweigt

3. Gewässerbreite
- ○ gleichmäßig
- ○ wechselnd
- ○ < 0,5 m
- ○ 0,5 - 2 m
- ○ 2 - 10 m
- ○ > 10 m

4. Gewässertiefe
- ○ gleichmäßig
- ○ wechselnd
- ○ < 0,1 m
- ○ 0,1 - 0,5 m
- ○ 0,5 - 1 m
- ○ > 1 m

5. Strömung
- ○ turbulent
- ○ gleichförmig
- ○ < 0,03 m/s
- ○ < 0,5 m/s
- ○ < 0,5 m/s

6. Wasserstand
- ○ niedrig
- ○ mittel
- ○ hoch

7. Beschattung
- ○ keine
- ○ schwach
- ○ stark

8. Trübung
- ○ keine
- ○ fast klar
- ○ schwach
- ○ stark

9. Geruch
- ○ ohne
- ○ schwach
- ○ stark

10. Geruchsart
- ○ erdig
- ○ modrig
- ○ jauchig
- ○ Silage
- ○ fischig
- ○ aromatisch,chemisch
- ○ Mineralöl
- ○ Abwasser

11. Verkrautung, Ausmaß
- ○ gering
- ○ mäßig
- ○ stark

12. Verkrautung mit
- ○ Moosen
- ○ Oberwasserpflanzen
- ○ Schwimmblattpflanzen
- ○ Unterwasserpflanzen

13. Besiedlungsfeindliche Faktoren
- ○ nichts bekannt
- ○ vorher kein Wasser
- ○ vorher Hochwasser
- ○ starke Sedimentation
- ○ Wanderhindernisse

14. Uferbewuchs meist
- ○ wenig bewachsen
- ○ Bäume + Sträucher
- ○ Brennnessel
- ○ Kräuter
- ○ Gras
- ○ Rohrglanzgras
- ○ Röhricht
- ○ Sonstige: .....

15. Bodenbedeckung im Umkreis meist
- ○ Laubwald
- ○ Auwald
- ○ Mischwald
- ○ Nadelwald
- ○ Grünland
- ○ Ackerland
- ○ bebaute Fläche
- ○ Verkehrsflächen
- ○ Moor

16. Hochwasserrückhalt
Speicherraum
- ○ vorhanden
- ○ nicht vorhanden

17. Fischregion
- ○ Forelle
- ○ Äsche
- ○ Barbe
- ○ Brachse
- ○ nicht bekannt

18. Substrat-Art meist
- ○ Felsblöcke
- ○ Grobkies
- ○ Sand
- ○ Schlamm
- ○ Steinwurf
- ○ Beton
- ○ Spundwand
- ○ Sonstige: .....

UNTERSUCHUNG VON BACH- UND FLUSSBETT, UFER UND AUE / BEWERTUNGSBOGEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

v voralpine Bäche

s sonstige Bäche, z. B. Flachlandbäche, Bäche des tertiären Hügellandes, Mittelgebirgsbäche

1. Art des Gewässers
- ○ Rinnsal
- ○ Bach
- ○ kleiner Fluss
- ○ großer Fluss (Strom)

2. Laufentwicklung	**v**	**s**
○ gestreckt	10	5
○ mäandrierend	5	10
○ verzweigt	5	5

3. Gewässerbreite	**v**	**s**
○ gleichmäßig	0	5
○ wechselnd	5	5
○ < 0,5 m		
○ 0,5 - 2 m		
○ 2 - 10 m		
○ > 10 m		

4. Gewässertiefe	**v**	**s**
○ gleichmäßig	5	5
○ wechselnd	10	10
○ < 0,1 m		
○ 0,1 - 0,5 m		
○ 0,5 - 1 m		
○ > 1 m		

5. Strömung	**v**	**s**
○ turbulent	10	10
○ gleichförmig	0	5
○ < 0,03 m/s	0	0
○ < 0,5 m/s	5	10
○ < 0,5 m/s	10	10

6. Wasserstand
- ○ niedrig
- ○ mittel
- ○ hoch

7. Beschattung	**v**	**s**
○ keine	0	0
○ schwach	5	5
○ stark	10	10

8. Trübung	**v**	**s**
○ keine	10	10
○ fast klar	5	10
○ schwach	5	10
○ stark	0	0

9. Geruch	**v**	**s**
○ ohne	10	10
○ schwach	5	5
○ stark	0	0

10. Geruchsart	**v**	**s**
○ erdig	5	5
○ modrig	5	5
○ jauchig	0	5
○ Silage	0	0
○ fischig	5	5
○ aromatisch,chemisch	0	0
○ Mineralöl	0	0
○ Abwasser	0	0

11. Verkrautung, Ausmaß
- ○ gering
- ○ mäßig
- ○ stark

12. Verkrautung mit
- ○ Moosen
- ○ Oberwasserpflanzen
- ○ Schwimmblattpflanzen
- ○ Unterwasserpflanzen

13. Besiedlungsfeindliche Faktoren
- ○ nichts bekannt
- ○ vorher kein Wasser
- ○ vorher Hochwasser
- ○ starke Sedimentation
- ○ Wanderhindernisse

14. Uferbewuchs meist	**v**	**s**
○ wenig bewachsen	0	0
○ Bäume + Sträucher	5	5
○ Brennnessel	0	0
○ Kräuter	5	5
○ Gras	5	5
○ Rohrglanzgras	5	5
○ Röhricht	5	5
○ Sonstige:		

15. Bodenbedeckung im Umkreis meist	**v**	**s**
○ Laubwald	10	10
○ Auwald	10	10
○ Mischwald	10	10
○ Nadelwald	5	5
○ Grünland	5	5
○ Ackerland	5	5
○ bebaute Fläche	0	0
○ Verkehrsflächen	0	0
○ Moor	5	5

16. Hochwasserrückhalt Speicherraum	**v**	**s**
○ vorhanden	10	10
○ nicht vorhanden	0	0

17. Fischregion
- ○ Forelle
- ○ Äsche
- ○ Barbe
- ○ Brachse
- ○ nicht bekannt

18. Substrat-Art meist	**v**	**s**
○ Felsblöcke	10	10
○ Grobkies	10	10
○ Sand	5	10
○ Schlamm	0	5
○ Steinwurf	0	0
○ Beton	0	0
○ Spundwand	0	0
○ Sonstige:		

2.3 QUERPROFIL, STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT UND ABFLUSS

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Ein Unterrichtstipp: In regelmäßigen Abständen werden die Pegelstände über einen längeren Zeitraum gemessen und mit zusätzlichen Informationen über Niederschlagsmengen, Fließgeschwindigkeit und Abfluss in Beziehung gebracht, grafisch ausgewertet und öffentlich bekannt gegeben. Das Ganze kann mit einer Fotoserie unterschiedlicher Wasserstände veranschaulicht werden, vom gleichen Standpunkt aus fotografiert. Eine Hochwasser-Reportage kann dies ergänzen.

Querprofil eines Fließgewässers*

Für die Bestimmung des Querprofils eines Fließgewässers benötigt man

- 2 Campingheringe oder Pflöcke, 1 Hammer
- 1 Seil mit Markierungen (wasserfestes Isolierband) im Abstand von 25 cm
- 1 Besenstiel oder 1 Lot (Seil) mit Längenmarkierungen
- Bleistift
- Radiergummi
- Geodreieck
- Schreibunterlage,
- kariertes Papier.

Mit Hilfe des Arbeitsbogens können sowohl das Untersuchungsprotokoll notiert als auch die Messergebnisse ausgewertet werden. Sollten Schwierigkeiten bei der Berechnung zu erwarten sein, kann mit Hilfe der Abb. 2 des Arbeitsbogens die folgende Beispielrechnung zur Übung erfolgen.

Beispiel für die Auswertung:

Wenn der Bachquerschnitt in der Zeichnung 100 Kästchen groß ist:

- Seitenlänge eines Kästchens: 0,5 cm
- Fläche eines Kästchens: 0,5 cm x 0,5 cm = 0,25 cm^2
- Bachquerschnittsfläche in cm^2: 0,25 cm^2 x 100 = 25 cm^2
- Der Längenmaßstab ist 1 : 10 ; der Flächenmaßstab ist 1 : 100.

Zur Berechnung der realen Fläche multipliziert man die Querschnittsfläche mit dem Flächenmaßstab:

Wirkliche Bachquerschnittsfläche: 25 cm^2 x 100 = 2500 cm^2

** Nach WIEBER, R., SCHÄFER, T. ET AL. (2000): Lernort Gewässer. München (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Staatsinstitut für Schulentwicklung und Bildungsforschung), S. 73-74.*

Strömungsgeschwindigkeit und Abfluss

Die Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit und des Abflusses ist der des Querprofils sehr ähnlich. Zusätzlich benötigt man

- 1 Meterstab
- 1 Uhr mit Sekundenzeiger
- Laub oder Äste.

Mit Hilfe des Arbeitsbogens können sowohl das Untersuchungsprotokoll notiert als auch die Messergebnisse ausgewertet werden.

Das Ergebnis kann im Unterricht vertiefend behandelt werden.

Falls für euer Gewässer ein Abflussmesspegel eingerichtet ist (beim zuständigen Wasserwirtschaftsamt nachfragen):

- Besorge einen Datenausdruck über die Ergebnisse aus langjährigen Aufzeichnungen. Stelle die Ergebnisse in einer Grafik für die monatlichen Durchschnittsabflüsse dar (angegeben als „MQ-Werte“ in den Tabellen der Wasserwirtschaft).
- Trage dazu die Monate auf der x-Achse, die Abflüsse (in l/s oder m^3/s) auf der y-Achse auf.
- Beschreibe das Ergebnis mit Worten:
  - Wann gibt es die höchsten, wann die niedrigsten Abflüsse im Jahresverlauf?
  - Wie groß ist die Spannbreite zwischen den Extremwerten?
  - Wie ist das Ergebnis zu verstehen?

Diese Ergebnisse können mit chemischen Messwerten kombiniert und dahingehend erweitert werden, dass die spezifischen Schadstoffbilanzen einzelner Gewässereinzugsbereiche berechnet werden, s. Abschnitt 1.2 „Kartierung, Überschwemmungsflächen, Schadstoff-Bilanzen“.

UNTERSUCHUNG DES QUERPROFILS,DER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT UND DES ABFLUSSES

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

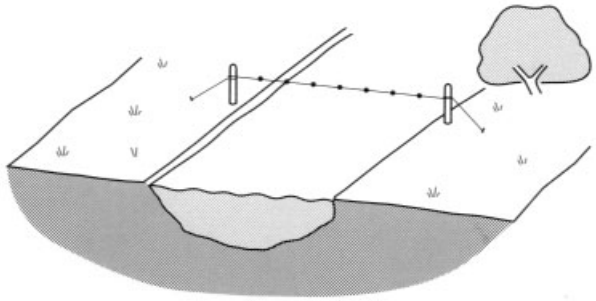
Ermittele das Querprofil eines Baches:

Name des Gewässers: _____

Ort der Messung: _____

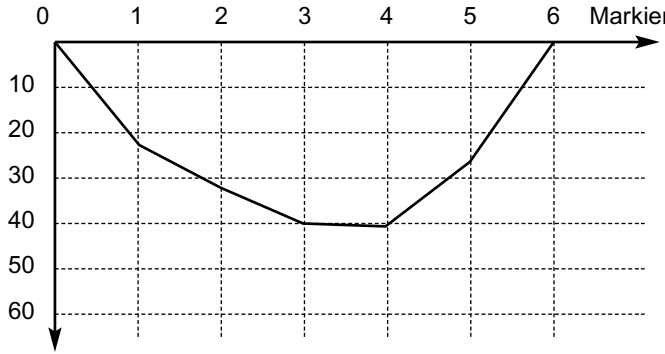
Datum und Zeit: _____

1. Schlage an jedem Ufer einen Hering (Pflock) in den Boden und spann das markierte Seil (mit den 25 cm-Abständen) über den Bach.
2. Eine Person geht gegen die Strömung vorsichtig auf das Seil zu und bestimmt an den markierten Stellen mit dem Besenstiel, dem Lot oder mit dem Messstab die Wassertiefe.



Notiere den Wert bei jeder Markierung. (Bei tieferen Bächen muss die Gewässertiefe von einer Brücke gelotet werden.)

Markierung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Wassertiefe (cm)																	



Beispiel für die Auswertung auf kariertem Papier: 1 Feld ist 5 Kästchen breit und 2 Kästchen hoch

3. Trage die Ergebnisse in ein Raster auf kariertem Papier im Maßstab 1:10 ein und zeichne den Bachquerschnitt.
4. Führe diese drei Arbeitsgänge sowohl an einem geraden Bachabschnitt als auch in einem geschlängelten Abschnitt (in der Kurve) durch.

Zur Auswertung

1. Ermittele die Flächen der Bachquerschnitte durch Auszählen der Kästchen.
2. Berechne die Bachquerschnittsflächen.
   Übe ggf. die Berechnung am obigen Beispiel!

3. Vergleiche die Ergebnisse der verschiedenen Bachabschnitte.

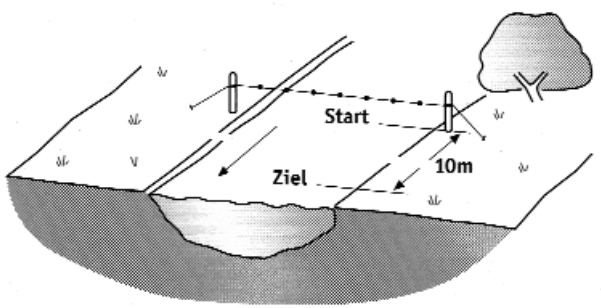
Nach Wieber, R., Schäfer, T. et al. (2000): Lernort Gewässer. München (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen und Staatsinstitut für Schulentwicklung und Bildungsforschung), S. 73-74.

UNTERSUCHUNG DES QUERPROFILS,DER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT UND DES ABFLUSS

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Ermittele Strömungsgeschwindigkeit und Abfluss:

1. Miss an dem mit Pflöcken gespannten Seil auf gerader Fließstrecke eine Strecke von 10 m Fließrichtung mit dem Meterstab ab und markiere den Endpunkt.



2 Wirf am Startpunkt einige Äste oder etwas Laub in die Mitte des Gewässers und stoppe mit der Uhr die Zeit, die das Material benötigt, um die Strecke von 10 m zurückzulegen. Wiederhole den Vorgang dreimal und bilde den Durchschnittswert aus den Einzelmessungen.

3 Ermittele daraus die Strömung (Fließgeschwindigkeit) in m/s.

4 Ermittele den Abfluss
(Querschnittsfläche des Bachs an der Stelle A x Strömung an der Stelle A).

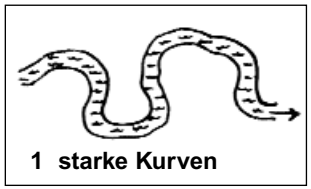
5 Ermittele Strömung und Abfluss an allen Stellen, an denen ihr die Querschnittsfläche des Gewässers bestimmt habt, und vergleiche die Ergebnisse.

2.4 UNTERSUCHUNG DES GEWÄSSERVERLAUFS (KLASSE 3-6)

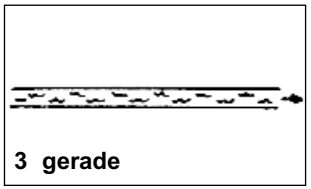
Zur Interpretation der Ergebnisse sei auf die nach Parametern gegliederten Hinweise im Abschnitt 2.5 verwiesen.

ARBEITSBOGEN 2.4.1
UNTERSUCHUNG DES GEWÄSSERVERLAUFS

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe


1 starke Kurven

2 leichte Krümmungen


3 gerade

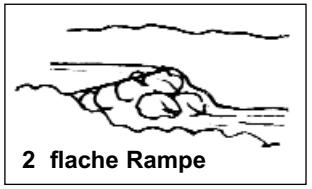
1. Verläuft das Gewässer in Kurven („Mäander“)?

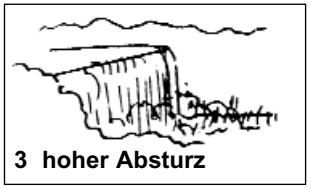
3 Punkte: Nein, weitgehend oder total gerade

2 Punkte: Ja, sie sind über 30 cm hoch (über dem Wasserspiegel)

1 Punkt: Die Ufer sind nur in geringem Maße oder nicht verbaut

1 keine Hindernisse


2 flache Rampe

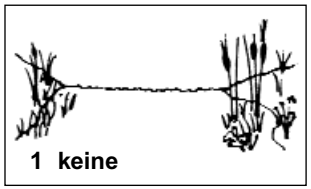

3 hoher Absturz

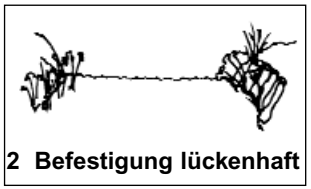
2. Gibt es in dem Gewässer künstliche Staustufen oder Barrieren?

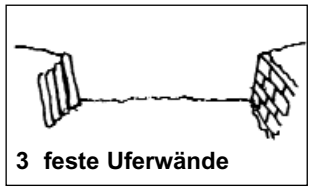
1 Punkt: Nein, es gibt keine künstlichen Barrieren

2 Punkte: Ja, sie haben aber kaum Stauwirkung (bis 30 cm hoch)

3 Punkte: Ja, sie sind über 30 cm hoch


1 keine


2 Befestigung lückenhaft


3 feste Uferwände

3. Wie sind die beiden Uferränder beschaffen?

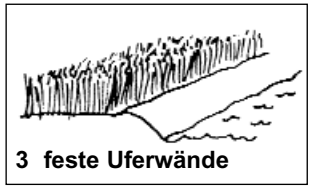
3 Punkte: Sie sind weitgehend technisch verbaut (mit Holz, Beton, Mauerwerk, ...)

2 Punkte: Weniger als die Hälfte der Ufer sind verbaut

1 Punkt: Es gibt einen weitgehend 10 m breiten natürlichen Uferrand ohne Nutzung

1 Wald und Forst

2 Ufergehölzstreifen


3 feste Uferwände

4. Wie sieht der Uferbereich aus?

3 Punkte: Das Ufer wird direkt am Gewässer genutzt für Bauten, Wege, Landwirtschaft und andere Zwecke

2 Punkte: Der Uferstreifen ist nicht breiter als 5 Meter und wird teilweise genutzt für Bauten, Wege, Landwirtschaft und andere Zwecke

1 Punkt: Es gibt einen weitgehend 10 m breiten natürlichen Uferrand ohne Nutzung

Auswertung:

4 - 6 Punkte:	Das Gewässer ist sehr naturnah und vom Menschen kaum beeinträchtigt.
7 - 10 Punkte:	Das Gewässer ist deutlich durch den Menschen geprägt und dadurch geschädigt.
11 - 16 Punkte:	Das Gewässer ist durch den Menschen stark geschädigt. Der natürliche Charakter ist verloren gegangen.

Prigge, S. (1997): Schulen für eine Lebendige Elbe. Hamburg (ZSU, IfL), S. 24 + 25.

2.5 GEWÄSSERSTRUKTUR UND -UMFELD (KLASSE 5-13)

Erforderliches Material

1. Klemmbrett mit Bewertungsbögen 2.5.1 oder 2.5.2
2. Bleistift (schreibt auch bei Regen)
3. Karte 1:5.000 oder 1:25.000 (evtl. Kartenausschnitte kopieren und auf geeigneten Maßstab vergrößern)
4. Maßband (möglichst > 10 m), 1 Zollstock
5. Stabiler Stock (min. 1,20 m lang) zum Sondieren
6. Gummistiefel, wetterfeste Kleidung

Mittelgebirgs- oder Flachlandbach?

Mit dem hier vorgegebenen Verfahren können kleinere Fließgewässer von 0,5 bis maximal 10 m Breite bewertet werden, kleinere und größere Gewässer jedoch nicht!

Es stehen zwei Bewertungsbögen zur Verfügung:

- einer für Bäche der Mittelgebirge und des Hügellandes (2.5.1),
- einer für Bäche des Flachlandes (2.5.2).

Es ist also vorab zu entscheiden, um welchen Gewässertyp es sich handelt, um danach den passenden Bewertungsbogen auszuwählen. Entscheidungshilfe gibt die umgebende Landschaft. Fließt der Bach in einem mehr oder wenigen engen Tal, nimmt man Bewertungsbogen 2.5.1, fließt er in der flachen Landschaft, Bewertungsbogen 2.5.2. Natürlich stellt diese Gewässertypisierung eine Vereinfachung dar, doch lassen sich die meisten Bäche in Deutschland einem der beiden Typen zuordnen. Aufgrund der Vereinfachung kann es sein, dass bestimmte Merkmale eines Baches nicht genannt sind (z. B. alle möglichen Merkmale der Gewässersohle). In einem solchen Fall sind die Erläuterungen zu den einzelnen Parametern genau zu lesen. Möglicherweise muss die Bewertung nach eigenem Ermessen getroffen werden. Ausschlaggebend ist für die Bewertung:

Je stärker die Abweichung vom (potenziellen) Naturzustand, desto schlechter die Bewertung.

Auswahl des Kartierungsabschnittes

Die Kartierung eines einzigen Gewässerabschnittes ist wenig aussagekräftig. Es gilt, die charakteristischen Veränderungen eines Baches in seinem Verlauf zu erfassen. So bietet sich ein Vergleich von Bachabschnitten an, bei denen exemplarisch der Kontrast von naturnaher und naturferner Gewässerstruktur deutlich wird. Zum Beispiel:

- außerhalb einer Ortschaft - innerhalb einer Ortschaft
- im (naturnahen) Wald - in intensiv genutzten Bereichen (z. B. Landwirtschaft)
- renaturierter Abschnitt - ausgebauter Abschnitt

Zeitpunkt

Am besten lässt sich die Gewässerstruktur im Herbst oder Winter bewerten, da dann das Ufer problemlos begangen werden kann. Im Sommer ist der Uferbewuchs häufig so hoch, dass viele Einheiten nicht zu erkennen sind.

Nach Graw, M. (2001): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Schriftenreihe der Vereinigung deutscher Gewässerschutz, Bd. 64, S. 43 - 44 und 73 - 80.

Vorgehen bei der Kartierung

Das Gewässer wird abschnittsweise bewertet. Die Länge der Abschnitte sollte ca. 100 m, mindestens jedoch 50 m betragen. Bei der Auswahl der Abschnitte darauf achten, dass die Gewässerabschnitte in sich etwa gleichartig aussehen.

Um sich auszutauschen, hat sich die Arbeit in Zweier-Gruppen bewährt. Zunächst läuft man den zu kartierenden Bachabschnitt entlang und beobachtet genau, erst dann wird der Bogen ausgefüllt.
Zur Bewertung werden 10 Einzelparameter erhoben. Die Zuordnung der Bewertungsstufen wird durch Leitfragen, kleine Piktogramme (sie repräsentieren jeweils einen 100-m-Abschnitt) sowie durch ausführliche Erläuterungen zu jedem einzelnen Parameter erleichtert. Bewertet wird der überwiegende Zustand des Abschnittes in Bezug auf den Parameter. *Faustregel: Die Aussage der Bewertungsstufe muss auf den überwiegenden Teil des Gewässerabschnittes zutreffen* (d. h. auf mehr als 50%).

Der Umgang mit dem Bewertungsbogen erfordert einige Übung, bis man die einzelnen Parameter kennt und bewerten kann. Vieles wird erst im Vergleich deutlich. Am besten ist es, mit einem möglichst natürlichen Abschnitt des zu untersuchenden Gewässers zu beginnen, der gewissermaßen als Leitbild für weitere Erhebungen gilt. Hilfreich ist es auch, wenn die Kartierer die Gesamtbewertung für einen Gewässerabschnitt vor der detaillierten Kartierung abschätzen.

Zur Bewertung größerer Gewässerstrecken sollte man verschiedene Abschnitte gruppenteilig kartieren, um dann die Ergebnisse im Gruppengespräch auszuwerten und zu einem Gesamtbild zusammenzufügen.

Probleme mit der Zuordnung der Bewertungsklasse? Zweifelsfälle?

Überlegen: In welchem Maße hat der Mensch an dem äußeren Erscheinungsbild des Gewässers und seinem Umfeld etwas verändert?

Wichtige Hinweise geben die Fragestellungen in Spalte 1 auf dem Bewertungsbogen sowie die ausführlichen Erläuterungen zu den einzelnen Parametern. Es ist zu empfehlen, diese für die Freilandarbeit zu kopieren, in wasserdichte Folie einzuschweißen und mitzunehmen. Grundsätzlich ist bei der Strukturgütebewertung die Zuordnung der Bewertungsstufen subjektiver als z. B. bei chemischen Parametern, denn es kann kein Messwert abgelesen werden. Die Entscheidung für eine Bewertungsstufe muss durch Beobachtung und Abschätzung getroffen werden. In Zweifelsfällen sollte man nach dem Ausschlussprinzip vorgehen, die Bewertungsstufen gegeneinander abwägen und sich für die am ehesten zutreffende entscheiden.

Auswertung

Aus den Einzelbewertungen wird ein einfacher Mittelwert gebildet und danach der Gewässerstrukturgüteklasse zugeordnet.

Mittelwert	Gesamtbewertung Gewässerstruktur
1,0 - 1,6	sehr gut (blau)
1,7 - 2,4	gut (grün)
2,5 - 3,4	mäßig (gelb)
3,5 - 4,4	unbefriedigend (orange)
4,5 - 5,0	schlecht (rot)

PARAMETER 1: NUTZUNG DER AUE

Beim Parameter „Nutzung der Aue“ geht es vor allem um die Intensität der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung sowie die Bebauung im Einflussbereich des Gewässers.

Als ökologisch verträglich (Bewertungsstufe 2) gelten nur Nutzungsformen in Gewässernähe, die Staunässe und teilweise Überschwemmungen vertragen (d. h. naturnaher Wald, Brache, extensive Landwirtschaft; nicht jedoch Ackerbau, intensive Weidewirtschaft sowie dichte Bebauung).

Zur Bewertung wird der unmittelbare Einflussbereich des Gewässers (ca. 100 m rechts und links) betrachtet.

Unterschiedliche Nutzungen: Unterscheiden sich die Nutzungen am linken und rechten Ufer (z. B. linkes Ufer: Wald = Bewertungsstufe 1, rechtes Ufer: Acker = Bewertungsstufe 4), wird jeweils die für das linke und rechte Ufer zutreffende Bewertung getrennt angekreuzt und in der letzten Spalte als Einzelbewertung der Mittelwert gebildet (für das genannte Beispiel wäre dies 2,5).

Ökologische Bedeutung:

Fließgewässer sind in entscheidendem Maß von ihrem näheren und weiteren Umfeld abhängig. Die Nutzung des Einzugsgebietes durch den Menschen und damit einhergehende Veränderungen der Aue (Abholzung, Trockenlegung) haben negative Auswirkungen auf die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers:

- Verlust von gewässerbegleitenden Biotopen, damit einhergehender Artenrückgang
- Verschlechterung der Wasserqualität durch diffusen Eintrag von wasserunverträglichen Stoffen, wie Nährstoffe (Dünger), Pestizide und Bodenpartikel durch Abschwemmungen von landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen (Wassertrübung, Verschlammung)
- Verarmung des Landschaftsbildes
- Einschränkung des Hochwasserrückhaltevermögens

PARAMETER 2: GEWÄSSERRANDSTREIFEN

Entscheidend ist, bis zu welcher Breite ein naturbelassener, nicht genutzter Uferstreifen entlang des Gewässers vorhanden ist.

Auf einem solchen Gewässerrandstreifen befindet sich kein Weg, er wird nicht gemäht, er wird nicht als Weide genutzt, es wachsen dort keine Kulturpflanzen oder standortfremde Bäume. Natürliche Uferabbrüche und Verlaufsänderungen des Gewässers sind innerhalb des Gewässerrandstreifens möglich.

Ist der Gewässerrandstreifen in dem zu bewertenden 100-m-Abschnitt unterschiedlich breit, so ist die auf diesem Abschnitt überwiegende Mindestbreite (d. h. die zu über 50 % vorherrschende) für die Bewertung ausschlaggebend. Anfangs sollte die Breite des Gewässerrandstreifens (ab der Uferkante!) ausgemessen werden. Geübte dürfen schätzen.

Unterschiedliche Ufer: Unterscheidet sich die Breite des Gewässerrandstreifens am linken und rechten Ufer, wird jeweils die für das linke und rechte Ufer zutreffende Bewertung getrennt angekreuzt und in der letzen Spalte als Einzelbewertung für diesen Parameter der Mittelwert gebildet.

Ökologische Bedeutung:

Das Ökosystem Fließgewässer endet nicht an der Uferkante, sondern steht in ständiger, dynamischer Wechselwirkung mit dem umgebenden Land. Nur ein genügend breiter, völlig naturbelassener Gewässerrandstreifen ermöglicht die Entwicklung gewässerbegleitender Biotope (Auenwälder, Altarme, Tümpel, Kiesbänke etc). In der Kulturlandschaft ist die Ausweisung von Gewässerrandstreifen ein erster, wichtiger und relativ einfacher Schritt zur Renaturierung eines Gewässers und seiner Aue. Eine standorttypische Vegetation siedelt sich nach einer gewissen Zeit von selbst an, naturnahe Gewässerstrukturen können sich ausbilden. Die Bedeutung von Gewässerrandstreifen im Einzelnen:

- Lebens- und Rückzugsraum für Pflanzen und Tiere
- Dynamik- und Entwicklungsraum (= „Spielraum“) für das Gewässer
- Sukzessionsraum für natürlichen Uferbewuchs
- Beitrag zur natürlichen Biotopvernetzung (Wanderweg für Tiere in der Kulturlandschaft)
- Schutz vor diffusen Einträgen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen (Dünger, Pestizide) und Schutz vor Eintrag von Bodenerosion („Pufferzone“)
- Bereicherung des Landschaftsbildes

PARAMETER 3: GEWÄSSERVERLAUF

Unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe für Mittelgebirgsbäche und Flachlandbäche!

Der natürliche Gewässerverlauf richtet sich nach den geographischen Verhältnissen (Talform, Gefälle, Untergrund, Abfluss). Ein natürliches Gewässer verläuft niemals schnurgerade. Allerdings können sich in engeren Tälern des Hoch- oder Mittelgebirges nur wenige Krümmungen ausbilden und das Gewässer verläuft mehr oder weniger gestreckt. Ist das Gefälle nicht zu groß und das Tal genügend breit, besteht die Tendenz der Ausbildung von Schleifen bzw. Mäandern. Dies ist vor allem im Flachland der Fall. Bei der Bewertung ist entscheidend, inwieweit der Gewässerverlauf vom Menschen verändert wurde. Lässt die Talform einen mäandrierenden oder geschwungenen Verlauf nicht zu, gilt Bewertungsstufe 1, wenn das Gewässer nicht künstlich in seinem Verlauf verändert worden ist.

Ökologische Bedeutung:

Ein natürlicher Gewässerverlauf ist entscheidend für die Ausbildung der Strukturvielfalt, die wiederum Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Ökosystems Fließgewässer ist:

- Natürliche Hochwasserrückhaltung durch Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit. Das Gewässergefälle ist durch Laufverlängerung geringer als das Talgefälle.
- Strukturvielfalt: Durch einen geschwungenen oder mäandrierenden Gewässerverlauf wird die Strömung sehr vielfältig, und es kommt zu einem kleinräumig wechselnden Auf- und Abtrag von Substrat (Sand, Steine, Kies, Totholz), einem Wechsel von Still- und Schnellwasserzonen, zu Inselbildungen und einer abwechslungsreichen Uferstruktur, einem Wechsel von Gleit- und Prallhängen.
- Vielfältige Strukturen im und am Gewässer bedeuten Biotop- und Artenvielfalt.
- Erhöhung der Selbstreinigung durch Oberflächenvergrößerung (größeres Angebot an Wuchsflächen für Mikroorganismen, die die Selbstreinigung des Gewässers bewirken).
- Verbessertes Stukturregenerationsvermögen (eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen Gewässerstruktur)
- Natürliche Landschaftsbereicherung

PARAMETER 4: UFERBEWUCHS

Unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe für Mittelgebirgsbäche und Flachlandbäche! Bewertet wird der Bewuchs des Uferbereiches mit Bäumen, Stauden und Krautpflanzen. Das weitere Umfeld wird mit Parameter 1 bewertet. Ausschlaggebend ist, welcher Bewuchs zu mehr als 50 % im Abschnitt vorhanden ist.

Unterschiedliche Ufer: Unterscheidet sich die Vegetation am linken und rechten Ufer (ist z. B. nur ein Ufer von Bäumen bestanden), so wird jeweils die für das linke und rechte Ufer zutreffende Bewertung angekreuzt und in der letzten Spalte als Einzelbewertung der Mittelwert eingetragen. Beim Baumbestand ist wichtig, ob es sich um standorttypische, heimische Uferbäume (Weiden, Erlen, Eschen) handelt. Allerdings reicht bei Quellläufen sowie in schmalen Tälern der Einfluss des Gewässers naturbedingt für die Ausbildung einer typischen Auenvegetation häufig nicht aus. Als natürlich ist dann ein Laubmischwald anzusehen. Der Artenbestand der krautigen Ufervegetation wird durch die Bodenfeuchtigkeit sowie den Nährstoffgehalt bestimmt. Als gut gelten

- Röhrichte aus hohen Gräsern (Schilf, Rohrglanzgras). Sie kommen vor allem im Flachland vor.
- naturnahe Krautfluren häufig mit Frühblühern (z. B. Sumpfdotterblume, Scharbockskraut, Lerchensporn, Anemonen) und/oder Hochstauden (z. B. Pestwurz, Mädesüß)
- nicht gedüngte, artenreiche Feuchtwiesen (mit Binsen und Seggen), die höchstens zweimal im Jahr gemäht werden.

Flächendeckendes Vorkommen von Brennnesseln, Giersch oder anderen Nährstoffzeigern weist auf Nährstoffeintrag hin und kann nicht mehr mit „gut“ bewertet werden. Gleiches gilt für gemähte und befestigte Ufer sowie für standortfremde (Zier-)Gehölze.

Ökologische Bedeutung:

Der Uferbewuchs entfaltet seine optimale ökologische Wirksamkeit, wenn er ungleichförmig verteilt ist, d. h. dicht und weniger dicht bewachsene Böschungsflächen sowie Bäume unterschiedlichen Alters, einschließlich Totholz, sich abwechseln.

- Laub (v.a. der Erle) dient als Ernährung für Detritusfresser und ist Ausgangspunkt für die gesamte Nahrungskette in Fließgewässeroberläufen.
- Lebensraum für Tiere: Krautvegetation und Bäume sind Lebens- und Paarungsraum für adulte Wasserinsekten. Ufergehölze sind Brut- und Rückzugsraum für Vögel. Wurzelbereiche und Totholz bieten Verstecke für Fische und andere Gewässertiere.
- Bereicherung der Ufer- und Gewässerstruktur, z. B. durch Bildung von Uferbuchten und Umläufen zwischen den Bäumen und Wurzelüberhängen sowie durch die Bereitstellung von Totholz.
- Biotopvernetzung
- Beschattung verhindert Algenwachstum bei hohem Nährstoffeintrag (Verminderung der Eutrophierungsgefahr) und reduziert die Erwärmung im Sommer.

PARAMETER 5: UFERSTRUKTUR

Für die Bewertung der Uferstruktur entscheidend ist das Ausmaß der künstlichen Uferbefestigungen. Diese sind häufig auf den ersten Blick nicht zu erkennen, wenn sie überwachsen oder verfallen sind. Deshalb sollte an einzelnen Stellen ggf. mit einem Stock nachgeprüft werden, ob das Ufer mit eingebrachten großen Steinen, Mauerwerk, Beton, Faschinen (Ufersicherung aus Holz) o.ä. befestigt wurde. Ein wichtiger Anhaltspunkt ist die Frage, ob sich das Gewässer bei höherem Wasserstand ungehindert in die Breite ausdehnen kann.

Ökologische Bedeutung

Die Gewässerufer sind von Natur aus keine festgelegten Linien, sondern verändern sich mit Wasserstand und Strömung: Eine Ausdehnung in die Breite ist jederzeit möglich. Natürliche Begrenzungen können Bäume, große Steine, das langjährig ausgewaschene Hochwasserbett bzw. die Talform sein. Ein vielfältig strukturiertes Ufer weist immer auch auf eine Strukturvielfalt im Gewässer hin und erfüllt folgende ökologische Funktionen:

- Bereicherung des Lebensraumangebotes: Biotop- und Artenvielfalt (z. B. Uferabbrüche für Eisvogel)
- Verbessertes Strukturregenerationsvermögen (Nachlieferung von Geschiebe; eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen Gewässerstruktur)
- Natürliche Hochwasserrückhaltung (Gewässer kann sich in die Breite ausdehnen, Fließgeschwindigkeit wird durch Hindernisse am Ufer gebremst)
- Natürliche Landschaftsbereicherung

PARAMETER 6: GEWÄSSERQUERSCHNITT

Entscheidend ist die Ausformung des Gewässerbettes (Querprofil), unabhängig vom aktuellen Wasserstand. Als Bezugspunkt für das Ausmessen von Breite und Tiefe gilt daher die Uferböschung. D. h., wie tief liegt die Gewässersohle unterhalb der Erdoberfläche des Gewässerumfeldes? Sind die beiden Uferseiten unterschiedlich hoch, wird gemittelt. Ist das Gewässer naturgemäß nicht flach (z. B. in einem engen Tal), gilt Bewertungsstufe 1.

Wenn die Talform es zulässt, ist ein natürliches Gewässer sehr flach. Vertiefungen kommen nur kleinräumig an einzelnen Stellen vor (Kolke). Diese werden bei der Bewertung nicht berücksichtigt. Durch Ausbaumaßnahmen zur Entwässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen und zum Hochwasserschutz wurden viele Gewässer begradigt und vertieft. Viele wurden im Trapezprofil ausgebaut und befestigt.

Neben dem direkten Ausbaggern bewirkt die Begradigung durch erhöhte Fließgeschwindigkeiten indirekt eine oft erhebliche Vertiefung (Tiefenerosion). Ein Erosionsprofil entsteht.

Ökologische Bedeutung:

Ein eingetieftes Gewässer verliert mehr und mehr die Verbindung zum Umland: die Aue fällt trocken, die ökologisch so bedeutsame Wasserwechselzone verschwindet.

Die Bedeutung eines naturnahen, flachen Querprofils im Einzelnen:

- Natürliche Hochwasserrückhaltung: Gewässer kann sich in die Breite ausdehnen.
- Verbesserte Selbstreinigung durch Oberflächenvergrößerung (größeres Angebot an Wuchsflächen für Mikroorganismen, die die Selbstreinigung des Gewässers bewirken)
- Entwicklung und Erhaltung gewässerbegleitender Biotope (Biotop- und Artenvielfalt)

PARAMETER 7: STRÖMUNGSBILD

Es gilt, die an der Wasseroberfläche erkennbaren Strömungsunterschiede innerhalb des 100-m-Abschnittes, die auf unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten hinweisen, genau zu betrachten. Die Fließgeschwindigkeit wird dabei nicht gemessen. Zur Verdeutlichung der Strömungsverhältnisse ist es jedoch hilfreich, an unterschiedlichen Stellen des Gewässerabschnittes Stöckchen, Blätter o. ä. treiben zu lassen und deren Weg im Gewässer zu verfolgen. Je gradliniger und gleichmäßiger sie schwimmen, desto weniger differenziert (= unnatürlicher) ist das Strömungsbild.

Entscheidend sind die Verhältnisse bei mittlerem Wasserstand.

Unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe für Mittelgebirgsbäche und Flachlandbäche!

Flachlandbäche haben aufgrund des geringeren Gefälles eine geringere Strömung und weisen deshalb ein weniger abwechslungsreiches Strömungsbild als Mittelgebirgsbäche auf. Strömungsvielfalt wird in Flachlandbächen in erster Linie durch umgestürzte Bäume/Totholz erreicht, in (Mittel-) Gebirgsbächen durch unterschiedlich große Steine. Ein gleichförmiges Strömungsbild aufgrund eines Aufstaus wird mit „schlecht“ bewertet.

Ökologische Bedeutung:

Die an der Wasseroberfläche erkennbaren Strömungsunterschiede werden letztlich durch verschiedene Substrate im Gewässerbett sowie die Uferstruktur verursacht und weisen auf Strukturvielfalt hin. Entsprechend der durchfließenden Wassermenge ergeben sich bei reich strukturiertem Ufer und Gewässerbett unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten innerhalb des Wasserkörpers. Diese wiederum haben Rückwirkung auf den Geschiebetransport und das Sedimentationsgeschehen.

Ökologische Bedeutung der Strömungsvielfalt im Einzelnen:

- Bereicherung des Lebensraumangebotes für Gewässertiere = größere Artenvielfalt
- Verbesserte Selbstreinigung / gute Wasserqualität durch vermehrten Sauerstoffeintrag und ständige Durchmischung des Wasserkörpers
- Verbessertes Strukturregenerationsvermögen: eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen Gewässerstruktur

PARAMETER 8: TIEFENVARIANZ

Zu bewerten ist die Häufigkeit des räumlichen Wechsels der Wassertiefe im 100-m-Abschnitt. Die Tiefenvarianz muss nicht systematisch gemessen werden, sondern es sollte abgeschätzt werden. Ggf. kann mehrfach mit einem Stock sondiert werden.

Unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe für Mittelgebirgsbäche und Flachlandbäche!

Bei Flachlandgewässern wird die Tiefenvarianz weniger streng bewertet, da sie naturgemäß geringer ist.

Ökologische Bedeutung:

Bereiche mit unterschiedlichen Wassertiefen sind wie die Strömungs- und Substratvielfalt ein Merkmal natürlicher Bachläufe. Flach- und Tiefenwasserbereiche wechseln in regelmäßigen Abständen ab. Je größer die Tiefenvarianz, desto größer das Lebensraumangebot.

PARAMETER 9: GEWÄSSERSOHLE

Zu bewerten ist das Vorkommen unterschiedlicher Substrattypen im Gewässer. Die Gewässersohle kann aus unterschiedlichstem Substrat bestehen und sehr vielgestaltig sein, deshalb:

> Unterschiedliche Bewertungsmaßstäbe für Mittelgebirgsbäche und Flachlandbäche!

In Flachlandbächen (v. a. Sand- oder Moorbächen) ist die Gewässersohle natürlicherweise weniger abwechslungsreich und wird weniger streng bewertet. Ein gewisser Anteil organischen Materials ist natürlich. Bäche in Küstennähe sind ein Sonderfall, da sie naturgemäß zur Verschlammung neigen. Am vielgestaltigsten ist die Gewässersohle in Mittelgebirgsbächen, da Steine unterschiedlicher Größe vorhanden sind. Da nicht alle Gewässertypen berücksichtigt werden können, sind in einigen Fällen eigene Bewertungsmaßstäbe anzusetzen. Dazu muss überlegt werden, inwieweit die Gewässersohle durch menschlichen Einfluss verändert wurde.

Ökologisch problematisch ist eine Befestigung der Gewässersohle (z. B. mit Beton oder Pflastersteinen), eine Verschlammung durch Bodenerosion oder ein großer Anteil an organischem Material. Häufig wird eine künstliche Sohlenbefestigung von lockerem Sediment überdeckt und ist deshalb nicht sofort zu erkennen. Zur Erhebung des Parameters muss in solchen Fällen ein stabiler Sondierstab / Stock zu Hilfe genommen werden, um festzustellen, wie die Gewässersohle beschaffen ist.

Ökologische Bedeutung:

Eine natürlich strukturierte, gut durchströmte Gewässersohle ist entscheidende Voraussetzung für die natürliche Artenvielfalt im Fließgewässer, da sich in ihrem Lückensystem ein Großteil der Organismen entwickelt (z. B. kieslaichende Fische, Wasserinsektenlarven). Außerdem finden in der Gewässersohle die entscheidenden biochemischen Prozesse der Selbstreinigung statt. Ist sie verschlammt oder betoniert, ist die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers nicht mehr gegeben.

PARAMETER 10: DURCHGÄNGIGKEIT

Es gilt, alle Hindernisse zu erfassen, die Tiere (Wirbellose, Fische, Amphibien, Säugetiere) daran hindern, im Gewässer und entlang des Ufers zu wandern. Entscheidend für die Bewertung ist die Länge einer Verrohrung bzw. die Höhe und Beschaffenheit eines Querbauwerkes (Staustufe, Wehr etc.).

Reicht eine Verrohrung in zwei nebeneinander liegende 100-m-Abschnitte hinein, dann wird sie nur in dem Abschnitt erfasst, in dem sie sich überwiegend befindet.

Ökologische Bedeutung:

Die Möglichkeit, im und am Gewässer zu wandern, ist für eine große Anzahl von Tieren äußerst wichtig: Die Tiere müssen die Abdrift durch Strömung kompensieren. Fische suchen auf mehr oder weniger langen Wanderungen geeignete Laich- und Futterplätze auf. Besonders betroffen von Querbauwerken sind die Langdistanzwanderfische wie Aal und Lachs, aber auch Forellen, Äschen und Barben sowie gefährdete Kleinfischarten wie Koppe und Elritze. Typische Auenbewohner (Fischotter, Amphibien etc.) wandern entlang des Ufers. Durch Verrohrungen und Querbauwerke (Staustufen, Wehre etc.) wird dies eingeschränkt, so dass die Funktionsfähigkeit des Ökosystems gravierend beeinträchtigt ist.

Das Gewässer wird zur Einbahnstraße, eine natürliche Selbstregeneration nach „Störfällen“ durch Wiederbesiedlung und der Austausch des Gewässers mit seinem natürlichen Umfeld sind nicht mehr möglich.

- Störung der natürlichen Selbstregeneration, Bildung von Inselbiotopen
- Verlust der natürlichen Artenvielfalt

Ergänzender Hinweis: Untersuchung von Uferstruktur und Uferbewuchs

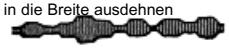
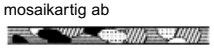
Die Beschattung kann mit Geräten gemessen, und dann können unterschiedliche Gewässer untereinander verglichen werden. Dabei sind die Daten über einen ganzen Tag aufzunehmen. Das geschieht am besten mittels eines computergestützten Messgerätes, von dem über ein Interface die Daten auf einen Computer überspielt, grafisch ausgedruckt und gemittelt werden können. (Derartiges gibt es ab 250 Euro, s. das bei umweltbildung-berlin.de/laerm.php vorgestellte Multifunktionsgerät „Die Zelle“ von modul-bus (www.modul-bus.de).)

ARBEITSBOGEN 2.5.1

UNTERSUCHUNG DER GEWÄSSERSTRUKTUR UND DES UMFELDES MITTELGEBIRGSBÄCHE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Gewässer: _____
Abschnitt: _____

	1 natürlich / sehr gut (blau)	2 naturnah / gut (grün)	3 wenig naturnah / mäßig (gelb)	4 naturfern / unbefriedigend (orange)	5 schlecht (rot)	Einzel-bewertung
Gewässerstruktur und Gewässerumfeld: Mittelgebirgsbäche (bewertet wird ein ca. 100 m langer, repräsentativer Gewässerabschnitt						
1. Nutzung der Aue* Wie wird die Aue im überschaubaren Umfeld des Gewässers überwiegend genutzt?	O naturnaher Wald Laubbäume	O extensive Nutzung oder Brache: nicht gedüngte oder wenig beweidete Wiesen, keine Bebauung	O kleinere Äcker, Weiden oder Gärten O Nadelwald	O intensive Landwirtschaft; Äcker O stellenweise Bebauung	O geschlossene Ortschaft O Industriegebiet	
2. Gewässerrandstreifen* Gibt es einen naturbelassenen Gewässerrandstreifen? (Breite ab Uferkante)	O > 20 m	O ca. 5-20 m	O ca. 2-5 m	O < 2 m	O nicht vorhanden	
3. Gewässerverlauf Wie ist der überwiegende Verlauf des Gewässers? Ist er verändert worden?	O geschwungen, nicht verändert	O mäßig geschwungen (z. T. verändert)	O gestreckt (mäßig verändert)	O weitgehend gerade (stark verändert)	O gerade (sehr stark verändert)	
4. Uferbewuchs* In welchem Ausmaß ist eine standorttypische Ufervegetation vorhanden?	O durchgehender Gehölzsaum (Laubbäume) von mehreren Metern Breite	O schmaler, aber durchgehender Gehölzsaum O Feuchtwiese, Hochstauden oder Röhrichte	O lückiger Gehölzsaum mit Krautflur O Krautflur aus Brennnesseln u. a. Nährstoffzeigern	O Einzelbäume, evt. Krautflur O standortfremde Vegetation (z.B. Pappeln, Nadelbäume o. Ziersträucher) O gemähtes Ufer	O keine Uferbäume, keine Krautflur, befestigter Uferrand	
5. Uferstruktur Wie ist das Ufer beschaffen?	O keine festgelegte Uferlinie, viele Einbuchtungen und Aufweitungen, Gewässer kann sich ungehindert in die Breite ausdehnen 	O Ufer begradigt, aber nicht sichtbar befestigt. Mit einigen Einbuchtungen und Aufweitungen	O Ufer stellenweise befestigt < 50%, doch sind Uferabbrüche möglich	O Ufer überwiegend befestigt (durch Steinschüttungen oder Holzpfähle)	O gerade Uferlinie, Ufer steil abfallend, befestigt (Pflaster, Beton o.ä.)	
6. Gewässerquerschnitt Wie stark ist der Bach im Verhältnis zum Umland unnatürlich eingetieft?	O sehr flach Breite:Tiefe-Verhältnis > 10:1	O flach Breite:Tiefe-Verhältnis > 5:1	O mäßig tief Breite:Tiefe-Verhältnis > 3:1	O tief Breite:Tiefe-Verhältnis > 2:1	O sehr tief Breite:Tiefe-Verhältnis < 2:1	
7. Strömungsbild Wie deutlich ist ein Wechsel von unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten anhand der Strömung erkennbar?	O mosaikartig; d. h. neben- und hintereinander finden sich unterschiedliche Strömungsbilder	O dicht hintereinander wechseln sich schnell und langsam fließendes Wasser ab	O Wechsel von langsam und schnell fließendem Wasser in größeren Abständen	O Wechsel von langsam und schnell fließendem Wasser erkennbar	O Strömung einheitlich	
8. Tiefenvarianz Wie groß ist die Variation von tiefen und flacheren Gewässerbereichen? (ggf. mit Stock sondieren)	O sehr groß, d. h. tiefe und flache Gewässerbereiche wechseln mosaikartig ab 	O groß	O mäßig	O gering	O keine	
9. Gewässersohle Wie ist die Gewässersohle beschaffen? (ggf. mit Stock sondieren)	O mosaikartige Verteilung von Sand/Kies/Steinen und Totholz; Inselbildung ausgeprägt	O Gewässersohle abwechslungsreich (Sand/Kies/Steine/Totholz); Inselbildungen in Ansätzen	O Gewässersohle gleichmäßiger, unterschiedliche Strukturen in größeren Abständen	O Gewässersohle über größere Strecken verschlammt, versandet und/oder gepflastert bzw. betoniert	O einförmige Gewässersohle, vollständig verschlammt und/oder gepflastert bzw. betoniert	
10. Durchgängigkeit Gibt es unnatürliche Hindernisse im Wasser, die Wanderungen von Tieren im Gewässer einschränken? (schlechteste Bewertung zählt)	O keine Hindernisse O natürlicher Wasserfall/Kaskade	O Verrohrung < 2 m O künstl. Stufe aus einzelnen Steinen, kann von Fischen und Wirbellosen überwunden werden	O Verrohrung 2-5 m O Stufe < 30 cm, kann von Fischen überwunden werden; ggf. Fischtreppe	O Verrohrung > 5 m O Stufe oder andere Barriere 30-100 cm	O Verrohrung > 10 m O Stufe oder andere Barriere > 100 cm	

Bestimmung der Gewässerstrukturgüte	**Mittelwert**	**1,0 bis 1,4**	**1,5 bis 2,2**	**2,3 bis 2,6**	**2,7 bis 3,1**	**3,2 bis 4,0**	**Summe (der Einzebewertungen von 1. bis 10.)**	
	Gewässerstrukturgüte	**1 sehr gut**	**2 gut**	**3 mäßig**	**4 unbefried.**	**5 schlecht**	**Mittelwert = Gesamtbewertung Gewässerstruktur**	

**gegebenfalls linkes und rechtes Ufer getrennt bewerten und Mittelwert bilden*

Graw, M. (2001): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Schriftenreihe der Vereinigung deutscher Gewässerschutz, Bd. 64, S. 43.

ARBEITSBOGEN 2.5.2

UNTERSUCHUNG DER GEWÄSSERSTRUKTUR UND DES UMFELDES FLACHLANDBÄCHE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Gewässer: _____
Abschnitt: _____

	1 natürlich / sehr gut (blau)	2 naturnah / gut (grün)	3 wenig naturnah / mäßig (gelb)	4 naturfern / unbefriedigend (orange)	5 schlecht (rot)	Einzelbewertung
Gewässerstruktur und Gewässerumfeld: Flachlandbäche (bewertet wird ein ca. 100 m langer, repräsentativer Gewässerabschnitt						
1. Nutzung der Aue* Wie wird die Aue im überschaubaren Umfeld des Gewässers überwiegend genutzt?	O naturnaher Wald (Laubbäume), Auwald	O extensive Nutzung oder Brache: nicht gedüngte oder wenig beweidete Wiesen, keine Bebauung	O kleinere Äcker, Weiden oder Gärten O Nadelwald	O intensive Landwirtschaft; Äcker O stellenweise Bebauung	O geschlossene Ortschaft O Industriegebiet	
2. Gewässerrandstreifen* Gibt es einen naturbelassenen Gewässerrandstreifen? (Breite ab Uferkante)	O > 20 m	O ca. 5-20 m	O ca. 2-5 m	O < 2 m	O nicht vorhanden	
3. Gewässerverlauf Wie ist der überwiegende Verlauf des Gewässers? Ist er begradigt worden?	O mäandrierend, nicht begradigt	O stark geschwungen (wenig begradigt)	O geschwungen (mäßig begradigt)	O leicht gekrümmt (überwiegend begradigt)	O gerade (vollständig begradigt)	
4. Uferbewuchs* In welchem Ausmaß ist eine standorttypische Ufervegetation vorhanden?	O Auwald; durchgehender Weiden- und/oder Erlensaum von mehreren Metern Breite	O schmaler aber durchgehender Weiden- oder Erlensaum O Feuchtwiese, Hochstauden oder Röhrichte	O lückiger Weiden- oder Erlensaum mit Krautflur O Krautflur aus Brennnesseln u. a. Nährstoffzeigern	O Einzelbäume, evt. Krautflur O standortfremde Vegetation (z.B. Pappeln, Nadelbäume o. Ziersträucher) O gemähtes Ufer	O keine Uferbäume, keine Krautflur, befestigter Uferrand	
5. Uferstruktur Wie ist das Ufer beschaffen?	O keine festgelegte Uferlinie, viele Einbuchtungen und Aufweitungen, Gewässer kann sich ungehindert in die Breite ausdehnen	O Ufer begradigt, aber nicht sichtbar befestigt. Mit einigen Einbuchtungen und Aufweitungen	O Ufer stellenweise befestigt < 50%, doch sind Uferabbrüche möglich	O Ufer überwiegend befestigt (durch Steinschüttungen oder Holzpfähle)	O gerade Uferlinie, Ufer steil abfallend, befestigt (Pflaster, Beton o. ä.)	
6. Gewässerquerschnitt Wie stark ist der Bach im Verhältnis zum Umland unnatürlich eingetieft?	O sehr flach Breite:Tiefe-Verhältnis > 10:1	O flach Breite:Tiefe-Verhältnis > 5:1	O mäßig tief Breite:Tiefe-Verhältnis > 3:1	O tief Breite:Tiefe-Verhältnis > 2:1	O sehr tief Breite:Tiefe-Verhältnis < 2:1	
7. Strömungsbild Wie deutlich ist ein Wechsel von unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten anhand der Strömung erkennbar?	O unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten auf engem Raum zu erkennen		O unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten auf längeren Strecken erkennbar	O Strömung einheitlich, aber Fließen des Wassers deutlich zu erkennen	O Strömung kaum erkennbar, glatte Wasseroberfläche	
8. Tiefenvarianz Wie groß ist die Variation von tiefen und flacheren Gewässerbereichen? (ggf. mit Stock sondieren)	O sehr groß bis groß		O mäßig	O gering	O keine	
9. Gewässersohle Wie ist die Gewässersohle beschaffen? (ggf. mit Stock sondieren)	O Gewässersohle abwechslungsreich (Kies/Sand/Lehm oder andere Feinsubstrate), viel Totholz		O Gewässersohle gleichmäßiger, unterschiedliche Strukturen in größeren Abständen	O Gewässersohle über größere Strecken verschlammt und/oder befestigt	O einförmige Gewässersohle, vollständig verschlammt und/oder befestigt	
10. Durchgängigkeit Gibt es unnatürliche Hindernisse im Wasser, die Wanderungen von Tieren im Gewässer einschränken? (schlechteste Bewertung zählt)	O keine Hindernisse O natürlicher Wasserfall/Kaskade	O Verrohrung < 2 m O künstl. Stufe aus einzelnen Steinen, kann von Fischen und Wirbellosen überwunden werden	O Verrohrung 2-5 m O Stufe < 30 cm, kann von Fischen überwunden werden; ggf. Fischtreppe	O Verrohrung > 5 m O Stufe oder andere Barriere 30-100 cm	O Verrohrung > 10 m O Stufe oder andere Barriere > 1 m	

Bestimmung der Gewässerstrukturgüte	Mittelwert	1,0 bis 1,4	1,5 bis 2,2	2,3 bis 2,6	2,7 bis 3,1	3,2 bis 4,0	Summe (der Einzebewertungen von 1. bis 10.)	
	Gewässerstrukturgüte	1 sehr gut	2 gut	3 mäßig	4 unbefried.	5 schlecht	**Mittelwert = Gesamtbewertung Gewässerstruktur**	

**gegebenfalls linkes und rechtes Ufer getrennt bewerten und Mittelwert bilden*

Graw, M. (2001): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Schriftenreihe der Vereinigung deutscher Gewässerschutz, Bd. 64, S. 44.

1. Renaturierung des Kamperlienbaches

Frederike Bisping, Susann Cordes & Sabina Detjen
redaktionell überarbeitet u. aktualisiert von
Johann-Wolfgang Landsberg-Becher

Weit verzweigte Gewässersysteme, Bach, Fluss, Strom, durchziehen einem Adernetz gleich unsere Landschaft. Das Erscheinungsbild vieler dieser Bäche ist durch Gewässerunterhaltungsmaßnahmen stark geprägt. Dies gilt auch für die Bäche in der Nordheide, wo sich 1999 in Buchholz Schülerinnen der 12. Jahrgangsstufe des Gymnasiums Am Kattenberge im Rahmen eines Projektkurses „Wasser“ an Maßnahmen zur Renaturierung des Kamperlienbachs beteiligten.

Dieser Bach ist besonders durch künstliche Begradigung, Ausbaggerung und Viehtritt geschädigt. Durch diese anthropogenen Einflüsse befindet sich der Bach in einem sehr naturfernen Zustand, der nur durch gezielte Renaturierungsmaßnahmen verbessert werden kann, die mit finanzieller Unterstützung der Edmund Siemers-Stiftung (www.umwelt.schleswig-holstein.de/?11616) und unter Anleitung von Ludwig Tent (ludwig.tent@gmx.net) durchgeführt wurden und werden.

Einleitung

Das Gebiet des Kamperlienbaches befindet sich im Südwesten Hamburgs. Der Bach fließt durch den Ort Kamperlien und umfließt im weiteren Verlauf die Ortschaft Kampen, bevor er in die Este mündet, einen Zufluss der Elbe. Sein eigentliches Quellgebiet ist ein höher gelegenes Areal (zwischen 71 m und 75 m über NN) zwischen den Orten Kamperlien und Knick. Von dort aus fließt er durch ein niedriger gelegenes Gebiet mit ca. 50 m über NN. Mit der Verbindung zur Elbe ist er zwar ein wichtiges Fischlaichgebiet, mit der chemischen Güteklasse III-IV jedoch hierfür wenig geeignet. Der biologische Zustand des Baches ist im Allgemeinen leicht besser als die chemische Bewertung.

Im Verlauf unterquert er verrohrt die Hoinkenbosteler Straße und später, verrohrt mit durchgehender Sohle, einen von Kampen ausgehenden Feldweg. Vor der Unterquerung der Hoinkenbosteler Straße und ein kurzes Stück vor der Einmündung in die Este werden zwei kleinere Bäche in den Kamperlienbach geleitet.

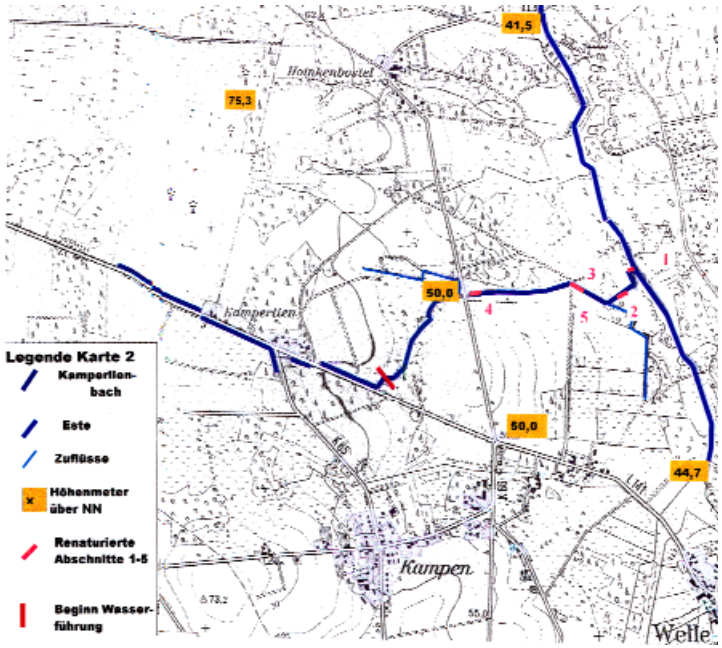


Abb. 2.6.1: Einzugsgebiet des Kamperlienbachs.

Der gesamte Bachverlauf beträgt ca. 3,3 km.

Der Kamperlienbach ist ursprünglich ein von der Natur geformtes Gewässer, das sich einst selber seinen Weg durch die Landschaft gesucht hatte. In seinem Verlauf fließt der Kamperlienbach meist durch landwirtschaftlich genutzte Gebiete, Wiesen, Felder und Äcker. Mit Beginn der Technisierung und Ökonomisierung der Landwirtschaft wurde der natürliche Charakter des Baches zerstört, damit die landwirtschaftlichen Nutzflächen schneller entwässert werden und dann größere Flächen mit schwererem Gerät bewirtschaftet werden können.
Der Bach ist über weite Strecken künstlich begradigt und sehr breit, und es werden regelmäßig gewässerpflegerische Maßnahmen durch den Gewässerunterhaltungsverband durchgeführt. Hierbei wird mit meist schwerem Gerät (Bagger etc.) das Bachbett gesäubert und der Uferbewuchs beschnitten. Der Untergrund, die Sohle des Baches, ist über weite Strecken (sehr) sumpfig und moorig, er besteht hauptsächlich aus Sand. Die Fließgeschwindigkeit ist meist sehr gering, am Anfang der Wasserführung ist gar keine Fließgeschwindigkeit vorhanden und messbar.

Der Heidebach, der durch seine natürliche Struktur Lebensraum für eine Vielzahl von Tieren und Pflanzen geboten hatte, ist zu einem öden Kanal geworden.

Abb. 2.6.2: Begradigter Kamperlienbach, seitlich bereits Zaunpflöcke zum Schutz des Ufers eingeschlagen.

Durch Begradigung, Ausbaggerung, Gewässerräumungsarbeiten, Viehtritt (Abb. 2.6.3 und 2.6.4) und nicht zuletzt durch Düngung der nahe an den Bach reichenden Felder und Weiden sind viele heimische Tier- und Pflanzenarten selten geworden oder gar verschwunden. Der Bach wird von den Landwirten als Bewässerungsgraben oder Viehtränke genutzt, ist also betriebswirtschaftlich von Vorteil, wenn nicht sogar unentbehrlich. Ist er das aber auch volkswirtschaftlich und ist dies ökologisch noch vertretbar?

Abb. 2.6.3: Durch Viehtritt zerstörtes Ufer.

Abb. 2.6.4: Durch Viehtritt zerstörtes Ufer und verschlammtes Bachbett.

Es taucht ein Interessenkonflikt zwischen Naturschützern und Landwirten auf. Die Landwirte denken verständlicherweise als erstes an die Sicherung ihrer Existenzgrundlage und stehen dem Anliegen der Naturschützer teilweise skeptisch gegenüber, denn eine Renaturierung bedeutet einen Kostenaufwand und eine Umstellung der gewohnten Bewirtschaftung der Umgebung des Baches. Vorteile naturnaher Wasserbewirtschaftung – auch mittelfristig betriebswirtschaftlicher Art – werden nicht gesehen, ebenso fehlt es oft an staatlichen Anregungen und Unterstützungen, den damit verbundenen volkswirtschaftlichen Gewinn zu realisieren.

Es gilt nun einen Kompromiss zu suchen und zu finden. Und das ist möglich. Im Folgenden soll ein Einblick in Lösungsmöglichkeiten für die Wiederherstellung eines ursprünglichen und naturnahen Baches gegeben werden, von denen einige bereits am Kamperlienbach Anwendung fanden und finden. Vorab wird kurz der naturnahe Bach dem geschädigten gegenübergestellt.

Der naturnahe Bach

Fließgewässer bilden Vernetzungsstrukturen innerhalb der Landschaft und erfüllen wichtige Funktionen im Naturhaushalt. Tiere, besonders Wirbellose und viele Fische, brauchen Versteck und Laichmöglichkeiten, einen ungehinderten Zugang und Passagen durch den Bach. Forellen ziehen sich zum Ablaichen aus ihren eigentlichen Lebensräumen in kleinste Bäche zurück; sie und viele andere Fischarten sind Kieslaicher.

Ungestört fließende Gewässer haben durch die Kraft des fließenden Wassers einen geschlängelten unregelmäßigen Verlauf (Abb. 2.1.1). Der Bach fließt so, wie es ihm die Menge des Wassers, die Beschaffenheit des Untergrunds und das Gefälle vorgeben; er kann sich schlängeln, mäandrieren oder verzweigen. Dadurch entstehen verschiedene Abschnitte, wie Prallhang, Gleithang, Kolk und Rausche, die sich im Verlauf abwechseln (Abb. 2.1.4) und eine Vielfalt an Kleinlebensräumen bieten (Abb. 2.1.5).

Ein naturnaher Bach ist an der Quelle sehr viel schmaler als an der Mündung; er gewinnt in seinem Verlauf an Breite und Wassermasse. Er weist Wasserpflanzen in angemessener, durch Beschattung ufernaher Bäume regulierter Menge auf, die sehr wichtig für den Lebensraum der Organismen sind. Beschattet bleiben die Bäche kühl, die Fotosynthese der Wasserpflanzen in einer natürlichen Größenordnung und damit die Menge abgestorbener und faulender Pflanzen gering, was das Gewässer vor Faulgasen bewahrt und ihm dann eine hinreichende Sauerstoffkonzentration sichert.

Dieser Uferbewuchs belastet den Bach zwar auch, denn in den Bach fallende Äste und Blätter sind dem Zersetzungsprozess ausgesetzt, bei dem Faulgase entstehen können, jedoch zu Zeiten geringer Sonneneinstrahlung. So ist Totholz ebenso wie Laub ein fester Bestandteil im Ökosystem Bach, der Lebewesen Versteckmöglichkeiten bietet.

Der geschädigte Bach

Auch wenn sich, chemisch gesehen, die Wasserqualität in den letzten Jahren durch Reduzierung von Abwässern verbessert hat, lässt sich die zu erwartende Artenvielfalt nicht finden, weil zwar die Wasserqualität, nicht jedoch der Lebensraum verbessert wurde. Die geschädigte Struktur der Bäche ist ein wichtiger Grund für die Artenarmut an Tieren und Pflanzen und geringen Fischbesatz.

Es sind in diesen Bächen keine Fische oder empfindliche Kleinstlebewesen mehr zu finden. Obwohl diese Zuflüsse eigentlich das Laichgebiet der Salmoniden, z. B. Lachs und Forelle, darstellen. Ursache sind Düngereinschwemmungen (teilweise für Salmoniden giftig) und für Fische und andere Bachbewohner unpassierbare Verrohrungen.
Wenn die Laichgebiete der Fische zerstört sind, hat dies natürlich auch Auswirkungen auf den allgemeinen Fischbestand. Die derzeitige Fischproduktion der Heidebäche ist mit 10-20 kg/ha weit unter dem möglichen von bis zu 300 kg/ha.

Durch die Eingriffe des Menschen wurde der Bach zu breit und damit die Fließgeschwindigkeit stark verlangsamt. Aufgrund der Begradigung ist der natürliche Verlauf des Baches verschwunden, auch das Bachbett ist strukturlos geworden; es fehlen Kies, Geröll und Totholz, die den Wasserlauf beeinflussen, Lebensraum für Wirbellose und Laichplätze für Forellen bieten.

Die Länge des Baches hat stark abgenommen, d. h. der Bach hat nun durch die Laufverkürzung ein sehr viel höheres Gefälle (Abb. 2.1.9). Dadurch wirken größere Kräfte, die den durch die Ausbaggerung ohnehin schon strukturlosen Untergrund mitreißen. Zusätzlich fehlen oft die Bäume, deren Wurzelwerk das Ufer festigen, so dass es nicht abgeschwemmt werden kann. Das Ufer kann ausgehöhlt werden, wegbrechen und weggespült werden; es setzt sich dann flussabwärts wieder ab. Dadurch versandet der Bach und muss erneut ausgebaggert werden.

Größere Flüsse, wie z. B. die Este, in die der Kamperlienbach mündet, versanden immer mehr, was kostspielige Folgen hat. Der Sand gelangt hauptsächlich aus den kleinen Zuflüssen. Ursache hierfür ist die intensive Unterhaltung der Bäche durch Ausbaggerungen. Diese führen dazu, dass der Bach zu breit wird, das Ufer wegrutscht (Abb. 2.6.5) und dann der Sand weitergetragen wird. Wenn die Maßnahmen reduziert und z. B. per Hand und damit genauer ausgeführt werden würden, wäre eine Hauptursache des Problems vielleicht noch nicht behoben, jedoch sicher stark gemindert.

Abb. 2.6.5: Uferabbruch.

Durch das regelmäßige Ausbaggern begradigter Bäche wird die Wahrscheinlichkeit einer Überschwemmung bei der Schneeschmelze sehr gering. Aber abgesehen von der Möglichkeit, dass ausreichend breite Randstreifen das Problem einer Überschwemmung beheben würden, kann man dies nur schwer als Gewinn deklarieren, wenn man an die größeren Flüsse flussabwärts denkt, die regelmäßig aus den kleinen ausgebaggerten Flüssen das schnell abfließende Wasser erhalten und dann über die Ufer treten. Die logische Antwort kann nur der Ausbau eines natürlichen, geschlängelten Verlaufs und die Schaffung von Auen, Wiesen-, Weichholz- und den so selten gewordenen Hartholzauen sein.

Auch bei der Flora des Gewässers sind Schäden ähnlichen Ausmaßes zu beobachten. Das Ufer wird im Zuge der regelmäßigen Gewässerunterhaltungsmaßnahmen gemäht, am Rande fehlen oft Bäume und Sträucher zur Beschattung, und ein vermehrtes Pflanzenwachstum erfolgt durch die ungeschützte Einstrahlung der Sonne. Mit dem Pflanzenwachstum ist ein Wasserabfluss nicht mehr gesichert, und so muss wieder mit dem Mähkorb durch den Bach gegangen werden, um die Pflanzen zu entfernen. Das Ganze ist im Sommer bei erhöhten Temperaturen von den üblichen Erscheinungen der Eutrophierung, insbes. zunächst von zu hohen Sauerstoffkonzentrationen im sonnenbeschienenen Bereich und nach dem Beginn der Fäulnis großem Sauerstoffmangel, begleitet.

Fast alles gilt für den Kamperlienbach. Sein Ufer ist besonders durch Viehtritt gezeichnet (Abb. 2.6.3 und 2.6.4). Weiden reichen direkt bis an den Bach heran, damit die Tiere ihn als Tränke benutzen können. Dabei verursachen sie jedoch große Schäden; das Ufer wird ausgetreten, bricht, und der Bach gleicht einem „Schlammloch“. Die Qualität des Wassers wird zusätzlich durch Düngereinschwemmungen der bis an den Bach reichenden Felder beeinträchtigt.

Hinzu kommen die Verrohrungen, oft mit einem Rohrabsturz, wenn der Bach unter Straßen hindurchgeführt wird. Die Abstürze sind unüberwindbar (Abb. 2.6.6) und die Verrohrungen für die meisten Tiere oft unpassierbar, da der Untergrund in den Rohren strukturlos ist und die Fließgeschwindigkeit durch die glatte Rohrwandung zu hoch und zu gleichmäßig ist. Der Lebensraum Bach wird so in Abschnitte unterteilt, Organismen können nicht frei wandern; auch Wehre, Abstürze und Sohlschwellen tragen dazu bei.

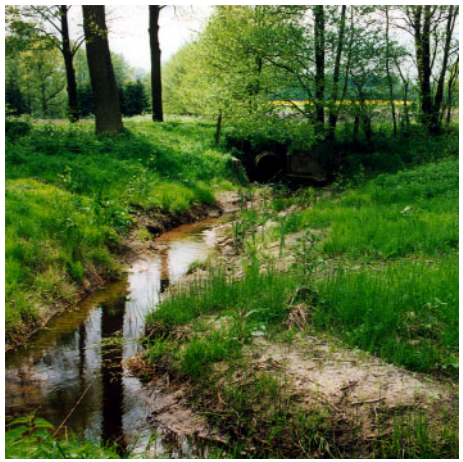


Abb. 2.6.6: Das ehemalige durch Viehtritt zerstörte Ufer, anderthalb Jahre nach der Aufnahme von 2.6.3: der Rohrabsturz im Hintergrund ist noch zu beseitigen. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher*)*

Möglichkeiten der Renaturierung

Die Fließgewässer Deutschlands sind je nach Größe in verschiedene Kategorien unterteilt, für die unterschiedliche Rechte gelten:

1. Gewässer 1. Ordnung sind schiffbare Flüsse, für die der Bund oder das jeweilige Land zuständig ist.

2. Gewässer 2. Ordnung sind kleinere Flüsse oder große Bäche, deren Verwaltung den Städten und Gemeinden oder den Wasser- und Bodenverbänden obliegt.

3. Gewässer 3. Ordnung liegen unter alleiniger Verwaltung der Wasser- und Bodenverbände, welche die Unterhaltung teilweise den Grundeigentümern überlassen, so wie der vergleichbar kleine Kamperlienbach. Diese Gewässer 3. Ordnung werden oftmals vernachlässigt, wenn es um Naturschutz und Renaturierung geht, obwohl es ein allgemein geltendes Wasserrecht gibt.

Traditionellerweise kümmerten sich die Wasserbehörden um die Gewässer 1. und 2. Ordnung, weniger um die 3. Ordnung, obgleich diese Gewässer 80 % aller Gewässer ausmachen und das Wasser samt seiner erwünschten und unerwünschten Fracht für die Gewässer 2. und 1. Ordnung liefern. Ziel muss es sein, den natürlichen Wasserhaushalt in Gänze zu betrachten und zu bewirtschaften, was mit der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie geschehen soll, die Maßnahmen zur Renaturierung zum Ziel hat.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, einen Bach wieder naturnäher zu gestalten. Um selber – wie am Kamperlienbach – am Bach tätig zu werden, benötigt man Genehmigungen der Wasserbehörde. Zum einen können Maßnahmen unternommen werden, die weniger kosten- und arbeitsaufwendig sind, mit denen aber schon viel erreicht werden kann. Zum anderen sind Maßnahmen möglich, die sehr aufwendig sind, wie z. B. die Wiederherstellung der Mäander. Dabei wird versucht, den gewundenen Verlauf des Fließgewässers durch die Ausbaggerung eines neuen Bachbettes wiederherzustellen. Am neuen Ufer wird meist auf Anpflanzungen verzichtet, statt dessen wird der Pflanzensukzession, der langsamen und natürlichen Ansiedlung, Vorrang gegeben. Diese Maßnahme erfordert eine ausführliche Planung und zieht meistens eine Ausgleichszahlung für den Grundeigentümer mit sich.

Die Wasserqualität kann mit gewässerbaulichen Maßnahmen, wie dem Anlegen von Randstreifen zwischen Bach und landwirtschaftlich bewirtschafteter Fläche (s. bereits hierfür eingeschlagene Holzpflöcke auf der Abb. 2.6.2), verbessert werden. Durch ausreichend breite Randstreifen kann die durch Niederschlag verursachte direkte Düngereinschwemmung vermieden werden. Randstreifen sind nicht nur unerlässlich an Äckern, sondern auch an Weiden. Durch eine komplette Einzäunung der Weide zum Fluss (Abb. 2.6.7, siehe nächste Seite) kann vermieden werden, dass die Tiere ihn als Tränke benutzen und das Ufer zerstören.

Abb. 2.6.7: Beginnende Mäander und wieder erfolgter Uferbewuchs anderthalb Jahre nach Ziehen eines Rinder abhaltenden Zaunes. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher)

Um ein zusammenhängendes Fließsystem zu erhalten, in dem Organismen wandern können, müssen die unüberwindbaren Hindernisse, wie Verrohrung, Wehre und Abstürze, aus dem Weg geräumt werden. Statt der Wehre und Abstürze könnte man Rauschen errichten, die das Wasser auch „sicher über das Gefälle“ bringen und Tieren, wie z. B. Forellen, trotzdem die Chance geben, sie zu überqueren. Wenn es sich um ein besonders starkes Gefälle handelt, kann dies durch Rausche-Kolk-Folgen überbrückt werden.

Wenn der Bach durch ein Rohr unter einer Straße hindurch geführt werden muss und es keine Alternativen, wie z. B. eine Brücke, gibt, muss darauf geachtet werden, dass das Rohr tief genug und waagerecht im Wasser liegt, resp. es muss tiefer gelegt werden, damit Fische hinein- und hinausschwimmen können. Am Ein- und Ausgang ist Substrat zu lagern, um die Tiere zum „Eintritt“ zu bewegen. Auch in das Rohr sind Steine, Kies und Sand einzubringen und gegebenenfalls Ruhestellen mit Hilfe von festen Einbauten anzulegen, so können dann auch Wirbellose und schwächere Fische durch das Rohr gelangen und andere Teile des Baches besiedeln.

Eine weniger kostenintensive Maßnahme besteht darin, die Gewässerunterhaltungsmaßnahmen des zuständigen Wasser- und Bodenverbandes zu optimieren und so weit wie möglich einzuschränken. Die bislang vorgenommenen Unterhaltungsmaßnahmen waren notwendig, um den Wasserabfluss zu gewährleisten, denn der Bach versandet und wächst zu, da ihm durch die Begradigung und Ausbaggerung seine natürlichen Strukturen genommen wurden. Um den Ursachen notwendig gewordener Unterhaltungsmaßnahmen vorzubeugen, muss dem Bach deshalb so viel natürliche Struktur wie möglich zurückgegeben werden.

1. Um die Versandung zu verhindern sollte ein Bachbett geschaffen werden, das aus Kieseln und Steinen besteht, um es vor Erosion zu schützen.
2. Außerdem müssen Uferabbrüche verhindert werden; dafür wird Substrat eingebracht, das die Uferstruktur festigt.
3. Wenn Bäume in Bachnähe angepflanzt werden, sichert deren Wurzelwerk das Ufer und die Bäume sorgen zusätzlich für Beschattung des Baches, wenn diese auf der der Sonne zugewandten Seite stehen.

4. Wenn der Bach nicht der vollen Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist, wird das Pflanzenwachstum verringert, da Sonnenenergie für die Fotosynthese benötigt wird. So sind Mähungen nicht mehr nötig. Der Sauerstoffgehalt des Gewässers steigt an, weil nicht mehr so viele abgestorbene Pflanzen zersetzt werden.

5. Zusätzlich können Strömungslenker und Störsteine in einem gewissen Abstand eingebracht werden, die die natürliche Wasserdynamik unterstützen und durch die verstärkte Strömung und Turbulenz im Wasser den Sauerstoffgehalt erhöhen. Des Weiteren tragen sie zur unterschiedlichen Tiefe und Breite des Baches bei. Dadurch werden unterschiedliche Kleinstlebensräume geschaffen und viele Tierarten können sich ansiedeln.

Renaturierung am Kamperlienbach

Im Bereich der Mündung des Kamperlienbaches in die Este wurden Kieselsteine eingebracht. Des Weiteren wurden von dem Landwirt Klaus Dallmann an einigen gut erreichbaren Stellen mit schwerem Gerät Steinhaufen in den Bach eingebracht (Abb. 2.6.8), um den natürlichen Mäander wiederherzustellen. Weiterhin wurden von der Edmund Siemers-Stiftung Seitenstreifen des Baches gepachtet und damit aus der intensiven Nutzung herausgenommen, um so z. B. Düngereinschwemmungen zu verringern. Der Dynamik des Baches wurde Raum gegeben, das Ufer mit Erlen bepflanzt und damit Uferabbrüchen Einhalt geboten.

Abb. 2.6.8: Zur Renaturierung eingetragene Steine und Kies. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher)

An einer mit schwerem Gerät in einem Waldgebiet nicht erreichbaren Stelle sollten weitere wasserbauliche Maßnahmen erfolgen, indem zur Bildung neuer Mäander Steine in den Bach eingebracht wurden. Dazu wurden diese zur Bachmitte hin spitz zulaufend mit einer Breite von ca. 0,5 m und einer Länge von ca. 1-1,2 m angelegt (Planung Abb. 2.6.9). Schon innerhalb kürzester Zeit konnte der Beginn neuer Mäander festgestellt werden (Abb. 2.6.10), und ein Jahr später war der Erfolg unübersehbar (Abb. 2.6.11). Gleichzeitig nahm, wie erwartet, die Turbulenz zu (Abb. 2.6.12). Diese Tendenz wird künftig mit einer Vergrößerung der Störinseln zu unterstützen sein.

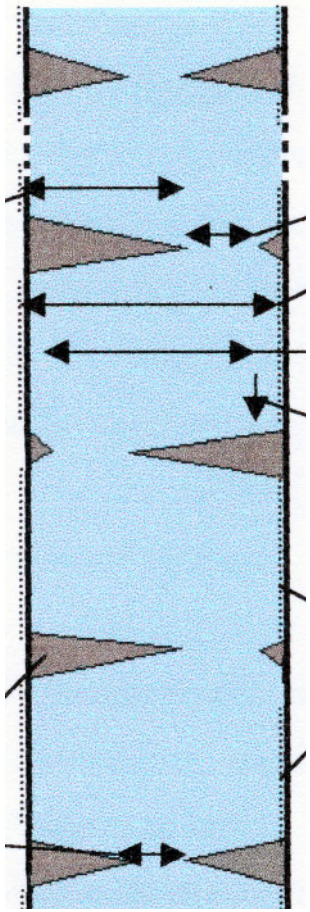


Abb. 2.6.9: Plan zur Einbringung der Steine.

0,6 m*

2,3 m* (Breite oben am Ufer)
1,9 m* (Breite unten)

1,1 m* (Höhe zwischen Uferkante und Bachsohle)

Die „Störinseln“ wurden als Dreiecke vervollständigt und am Ufer etwas höher als zur Mitte hin aufgeschichtet (Uferschutz)

* Zur Befestigung des Ufers (gegen Uferunterspülung) wurden entlang des bearbeiteten Stückes am Ufer Steine eingebracht

Abb. 2.6.10: Stromlinie mäandrierend mit wieder frei liegender Kiesschicht. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher)

Abb. 2.6.11 (links): Ufer auf dem Wege zur Renaturierung, anderthalb Jahre nach dem Einbringen der Steine. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher*)*

Abb. 2.6.12 (rechts): Zunahme der Turbulenzen nach Einbringen der Steine. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher)

An zwei Stellen des Baches sind das Bachbett und das Ufer durch Viehtritt zerstört worden (Abb. 2.6.3 und 2.6.4), so dass hier eine künstliche Neuanlegung des Baches einhergehend mit einer Einzäunung notwendig war, was zunächst in einem Modell dargestellt wurde (Abb. 2.6.13, rechts der ursprüngliche und links der geplante Zustand). Für die ersten Arbeiten wurden von der Edmund Siemers-Stiftung Randstreifen gepachtet und eingezäunt sowie Substrat eingebracht. Bereits innerhalb von 1,5 Jahren zeigte sich eine deutliche Verbesserung (Abb. 2.6.6 und 2.6.13). Der Rohrabsturz im Hintergrund ist jedoch ein deutlicher Mangel, der baldmöglichst zu beseitigen ist, s. Beispiele zur „Renaturierung“ in 2.1).

Abb. 2.6.13: Modell zur Vermeidung von Viehtritt und zum Schutz des Bachufers. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher)

Da die bisher am Bach ausgeführten Arbeiten sich nur auf Teilabschnitte beziehen, müssten auch die übrigen Bereiche noch bearbeitet werden, um den Bach naturnaher zu gestalten. Um den Bach wieder in seinen ursprünglichen naturnahen Zustand zurückzuführen, müssen noch weitere umfangreiche Arbeiten folgen.

Doch schon jetzt sind Erfolge der bisherigen Maßnahmen sichtbar:

- Im Mündungsgebiet haben sich weitere Kleinstlebewesen angesiedelt.
- Außerdem hat der Pflanzenbewuchs hinter dem von uns bearbeiteten Abschnitt stark abgenommen, infolge der einsetzenden Neubildung von Mäandern.
- Der Bach hat sich tiefer in das Bachbett eingegraben, so dass wir an einigen Stellen eine Tiefe von 40 cm zu 10 cm messen konnten. Der Unterschied von 30 cm im Bachquerschnitt dokumentiert einen erheblich naturnäheren Zustand als vor unseren Arbeiten, bei denen das Bachbett nahezu überall die gleiche Tiefe aufwies. Außerdem hat sich die Fließgeschwindigkeit erhöht.

Abb. 2.6.14: Unübersehbare Erfolge der Renaturierung. (Foto: Dr. Joh.-Wolfgang Landsberg-Becher)

An dem allgemeinen chemischen Zustand des Baches wurden aber bis jetzt noch keine großen Veränderungen festgestellt.
Die chemischen Ergebnisse werden sich voraussichtlich erst mit der Anlegung weiterer Randstreifen verbessern, da damit die Düngereinschwemmung reduziert wird.

2. Nun auch in Mathematik: Hochwasser*

MARTIN WINTER

Im Januar 1995 kam es am Rhein wieder zu einer Hochwasserkatastrophe. In den Medien wurde versucht, das Ausmaß auch in Zahlen auszudrücken. Mit einer Klasse 6 habe ich solche Angaben untersucht.

Es sprach einiges dafür, spektakuläre Nachrichten vom Hochwasser, die die Schüler/innen zu motivieren versprachen, sofort in den Unterricht einzubringen. Das hätte jedoch eine eben begonnene Unterrichtsreihe unterbrochen und die Vorbereitung auf Klassenarbeiten verzögert, die sich nicht verschieben ließen.

Ebenso wäre das Thema Hochwasser für ein fächerübergreifendes Projekt geeignet gewesen. Eine Realisierung hätte aber die stärkere Einbeziehung anderer Unterrichtsfächer, damit größeren organisatorischen Aufwand sowie mehr Unterrichtszeit erfordert. Dies ließ mich davor zurückschrecken.

Andererseits reizte mich das Thema, und so wies ich die Schüler/innen auf Zahlenangaben hin und forderte sie auf, Zeitungsmeldungen zu sammeln. Zugleich kündigte ich an, dass wir uns nach den Klassenarbeiten Zeit für das Thema Hochwasser nehmen würden. Daraus wurden vier Unterrichtsstunden.

Fragenkatalog und Rechenvorhaben

In einem einleitenden Unterrichtsgespräch wurden Aspekte der Hochwasserkatastrophe aufgegriffen. Angeregt durch Schlagzeilen und Zitate aus Zeitungen (Kasten 1), stellten die Schüler/innen in Gruppen Fragen zusammen, mit denen wir uns anschließend beschäftigen wollten (Kasten 2).

„... am 22. Januar 1995 fiel so viel Niederschlag, wie sonst im ganzen Monat..."

„...Jahrhundert-Hochwasser: Blaues Auge für Kölner
Rhein führte 54000 Badewannen-Füllungen pro Sekunde. ...

Pro Sekunde rauschten 10800 Kubikmeter oder 54000 Badewannen-Füllungen – an der Domstadt vorbei, fünfmal mehr als normal. ..."

„...Im Rheinland droht ein neues Rekordhochwasser..."

„...Versiegelung
Versiegelungen durch Straßen und Gebäude lassen das Regenwasser an der Oberfläche abfließen...."

„...Keine Bedrohung – genug Auenflächen für die Ems
Situation im Münsterland entspannt / Menschen sind nicht gefährdet ..."

„Wald und Wasser
Über 20 % der Waldfläche haben allein in NRW eine besondere Schutzfunktion. Durch die Verdunstung im Kronenbereich und die hohe Versickerungsrate infolge der günstigen Bodenstruktur fließen in reinen Waldgebieten lediglich 10 bis 20% des Niederschlagswassers oberflächlich ab ... 10000 m^2 Buchenwald verdunsten täglich bis zu 40000 Liter Wasser.
Ein m^2 Waldboden kann bis zu 200 Liter Niederschlagswasser zurückhalten.

Aus: Offensive für den Wald, hrsg. vom Kommunalverband Ruhrgebiet und der Schutzgemeinschaft Deutscher Wald, Essen 1993

Kasten 1: Spektakuläre Meldungen aus Tageszeitungen und anderen Schriften

** (1996): Hochwasser. Mathematik lehren, Heft 76, Schwerpunktthema Umwelt, S. 19-22.*

Wassermengen

Niederschlag

Wie viele Liter Wasser fallen sonst im Januar?

Wie viele Liter Wasser fielen demnach am 22. Januar 1995?

Wie viel Wasser fällt dabei durchschnittlich auf ein Dach?

Wie viel Niederschlag fällt in unterschiedlichen Gebieten Deutschlands?

Wie viele Kubikmeter Wasser würden in einem Jahr fallen, wenn es immer weiter so regnen würde?

Wie viel Wasser ist zur Zeit der Überschwemmung pro Quadratmeter gefallen? Auf ganz Nordrhein-Westfalen? (Wie groß ist Nordrhein-Westfalen?)

Wassermengen in Flüssen, Größe der überfluteten Gebiete

Wie viele Liter Wasser fasst eine Badewanne?

Wie viel Wasser rauschte pro Minute (Stunde, Tag) an Köln vorbei?

Wie viel Wasser führen Rhein, Main, Mosel normalerweise?

Wie viele Kubikmeter Wasser können in einem Überflutungsgebiet aufgehalten werden?

Wie groß war die Fläche in Nordrhein-Westfalen, die überflutet wurde?

Wasser und Wald

Wie viel Wasser kann Waldboden aufnehmen?

Wie viel Wasser kann der gesamte Waldboden in Nordrhein-Westfalen aufnehmen?

Wie viele Liter Wasser verdunstet ein Buchenwald täglich?

Ursachen, Schäden, Maßnahmen

Wie viel Grünfläche gibt es in Nordrhein-Westfalen?

Wie viel Betonfläche (versiegelte Fläche, z. B. Straßenfläche) gibt es in Nordrhein-Westfalen?

Welche Städte in Nordrhein-Westfalen waren am meisten betroffen?

Wie viele Häuser standen unter Wasser?

Wie viele Menschen waren betroffen?

Wie viele Tote und Verletzte gab es?

Wie kommt es zu dem vielen Wasser?

Was kann man dagegen unternehmen?

Was kann man unternehmen, wenn das Wasser kommt?

Was hat die Begradigung von Flüssen mit Hochwasser zu tun?

Kasten 2: Fragen, von denen wir einige im Unterricht bearbeiten wollten

In der beschränkten Zeit mussten wir uns auf einige Aspekte konzentrieren. Die Probleme wurden benannt; wir erörterten, welche Informationen uns zur Verfügung standen, und einigten uns, nur Aspekte herauszugreifen, für die es besonderes Interesse gab und für die die notwendigen Daten vorhanden waren, kurzfristig nachgesehen oder begründet geschätzt werden konnten.

In vier Gruppen bearbeiteten die Schüler/innen verschiedene Fragen, nahmen Schätzungen, wenn möglich auch Messungen, vor. Manche eigenen Berechnungen führten zu neuen Aussagen. Bei der Vorstellung der Ergebnisse in der Klasse gaben die Erläuterungen, wie die Einzelnen zu ihren Ergebnissen gekommen waren, sowie die Ergebnisse selbst Anlass zu vielfältigen Diskussionen.

Einige der Prozesse und Ergebnisse der Arbeitsgruppen möchte ich skizzieren.

Wassermengen im Rhein

Laut einer Zeitungsmeldung waren während des Hochwassers im Rhein 54.000 Badewannenfüllungen pro Sekunde an Köln vorbeigeflossen. Die Schüler/innen schätzten das Volumen einer Badewannenfüllung auf 90 l, 100 l oder 120 l. Dass die Zeitung von 0,2 m^3 oder 200 l ausging, war Grund genug, die Badewanne zu Hause auszumessen. Aufgrund ihrer Messungen nahmen die Schüler/innen dann eine Badewanne angenähert als Quader mit 1,6 m Länge, 0,7 m Breite und 0,4 m Tiefe an, was ein Volumen von 0,448 m^3 oder 448 l bedeutet. Daran schloss sich eine Diskussion über die Verlässlichkeit von Zeitungsinformationen einerseits und die sinnvolle Füllung einer Badewanne andererseits an.

Die Angabe „10.800 Kubikmeter pro Sekunde“ wurde nun hochgerechnet auf Minuten, Stunden, Tage, Wochen: 648.000 m^3 pro Minute, 38.880.000 m^3 pro Stunde, 933.120.000 m^3 pro Tag, 6.531.840.000 m^3 pro Woche! Schwer vorstellbare Mengen, deren Anschaulichkeit auch nicht größer wurde, als die Schüler/innen zum Beispiel 6.531.840.000 m^3 in rund 6,5 km^3 umwandelten.

Von Interesse war die Frage nach der „normalen“ Menge: Der Ausdruck „fünfmal mehr als normal“ wurde als das Sechsfache gedeutet, „normal“ wären also 1.800 m^3 pro Sekunde, 108.000 m^3 pro Minute, 6.480.000 m^3 pro Stunde, 155.520.000 m^3 pro Tag und 1.088.640.000 m^3 pro Woche.

Die Auseinandersetzung mit diesen Größen führte zur Diskussion, wie diese Wassermengen abfließen können. Die Schüler/innen nannten den Anstieg des Wasserstandes, die Verbreiterung des Flussbetts (wenn der Fluss über die Ufer tritt) und die Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit des Flusses.

Niederschlagsmengen

Laut einer anderen Zeitungsmeldung fiel am 22. Januar 1995 in Nordrhein-Westfalen so viel Niederschlag wie sonst im ganzen Monat. Niederschlagstabellen für den Januar wurde entnommen, dass im Durchschnitt im Januar in Köln 32 mm, in Münster 66 mm und am Kahlen Asten 145 mm Niederschlag gemessen werden. Für Nordrhein-Westfalen nahm die Gruppe deshalb einen mittleren Wert von 80 mm Niederschlag an. Nach Klärung der Bedeutung dieser Aussage errechneten die Schüler/innen aus der Flächengröße Nordrhein-Westfalens (33.957 km^2) die Niederschlagsmenge von 2.716.560.000 m^3 Wasser, gefallen an einem Tag! Der Vergleich mit den in der Gruppe „Wassermengen im Rhein“ ermittelten Werten ergab, dass der Rhein bei normalem Wasserstand etwa 17,5 Tage, bei dem angegebenen Stand des Hochwassers immerhin noch etwa 3 Tage benötigte, um eine Wassermenge diesen Ausmaßes abzuführen. Es wurde geklärt, dass zwar nicht die gesamte Niederschlagsmenge den Rhein erreicht, andererseits aber über Zuflüsse das Niederschlagswasser aus anderen Gebieten den Weg zum Rhein findet.

Es war hilfreich, den „Verlauf einer Flutwelle“ auf einem Foliensatz, am Beispiel eines früheren Main-Hochwassers, unter besonderer Berücksichtigung der Zuflüsse, anzusehen (BRUCKER).

Aufnahmefähigkeit des Bodens und Versiegelung

Eine dritte Gruppe berechnete einerseits Wassermengen, die wegen der Versiegelung des Bodens (durch Straßen, Bebauung usw.) nicht versickern können, andererseits Wassermengen, die vom Waldboden aufgenommen werden können, und Wassermengen, für die Überflutungsgebiete, zum Beispiel Auwälder, zur Verfügung stehen.

Durch Messungen in einer Straßenkarte ermittelte diese Gruppe für Nordrhein-Westfalen eine Autobahnlänge von 1.855 km. Bei einer angenommenen Breite von 30 m asphaltierter Straße ergab dies allein 55,65 km^2 versiegelter Fläche, bei 80 mm Niederschlag 4.452.000 m^3 sofort abfließendes Wasser. Dies schien nicht sehr viel zu sein. Aus der Angabe von 16 % versiegelter Fläche in Nordrhein-Westfalen ergaben sich jedoch rund 5.433 km^2 versiegelte Fläche und eine Niederschlagsmenge von 434.640.000 m^3 Wasser!

Waldboden kann je Quadratmeter bis zu 200 l Wasser zurückhalten. Dies ergab bei 880.000 ha Wald in Nordrhein-Westfalen eine Aufnahmefähigkeit von 1.760 Millionen Kubikmeter Wasser! Demgegenüber nahmen sich die 2.800 ha Überflutungsgebiet für etwa 120 Millionen Kubikmeter Wasser bescheiden aus. Immerhin war die errechnete durchschnittliche Wassertiefe bei vollständiger Überflutung dieses Gebietes mit etwa 4,3 m durchaus beeindruckend.

Begradigung von Flüssen

Diese Gruppe wertete eine Abbildung aus der Geographischen Rundschau aus (Heft 39, 1987, S. 345, Abb. 2), auf der zum Vergleich zwei Abschnitte eines Flusslaufes, einmal in natürlichem, dann in ausgebautem Zustand zu sehen sind.

Die Schüler versuchten zu schätzen, welche Flächen die beiden Abschnitte des Flusslaufes bedecken. Dazu näherten sie in der Karte den Flusslauf abschnittsweise durch Rechtecke grob an. Bei jeder der beiden Darstellungen gaben sie sich mit drei Rechtecken zufrieden.

Eine besondere Schwierigkeit ergab sich im Umgang mit den Vorgaben: Die in die Abbildung eingezeichneten Rechtecke wurden in Zentimeter gemessen. Von der Möglichkeit, die Flächengrößen in Quadratzentimetern zu berechnen und zu vergleichen, machten die Schüler keinen Gebrauch. Sie versuchten, mit Hilfe des in der Abbildung angegebenen Maßstabs die gemessenen Längen in reale Längen umzurechnen. Durch vergleichende Messungen entwickelten

Kasten 3: Aus den Maßen der Abbildung werden die Flächengrößen in der Natur errechnet

Natürlicher Fluss, aufgeteilt in drei Rechtecken

1. Teil:

Länge 4,7 cm

Breite 1,1 cm

47:3 = 15,67

11:3= 3,67

Also wirkliche Länge 15,67 m, wirkliche Breite 3,67 m

Flächeninhalt:

15,67 m x 3,67 m = 57,5089 m^2

2. Teil:

Länge 4,5 cm

Breite 1,1 cm

Also wirkliche Maße 15 m und 3,67 m

der Flächeninhalt beträgt 55,05 m^2 (Rechnungen wie oben)

3. Teil:

Länge 4,5 cm

Breite 2,0 cm

In Wirklichkeit also 15 m bzw. 6,67 m

der Flächeninhalt beträgt 100,05 m^2

Damit bedeckt der natürliche Fluss eine Fläche von insgesamt 212,6089 m^2.

Mit einer gleichartigen Rechnung kamen die Schüler beim begradigten Fluss auf 105,6 m^2.

die Schüler eine brauchbare Umrechnungsmethode: Etwa 3 cm in der Abbildung entsprachen 10 m in der Natur.

Also nahm man die auf eine Stelle hinter dem Komma angegebene Maßzahl in Zentimetern, ließ das Komma weg, dividierte durch 3 und erhielt das Längenmaß in Metern. Dies fand zunächst Konsens in der Gruppe; bei der Vorstellung der Ergebnisse gelang es den Schüler/innen auch, die übrigen Mitschüler von dem Verfahren zu überzeugen. Dabei war die Argumentation stets korrekt! Dass hier etwas unkonventionell das Verfahren der Dreisatzrechnung Anwendung fand, konnte leider nicht mehr erörtert werden.

Die Ergebnisse der Schüler/innen sind in Kasten 3 dargestellt (zunächst enthaltene Rundungsfehler und deren Folgen wurden bei der Darstellung der Ergebnisse in der Klasse korrigiert).

Nach einer Diskussion über die Sinnlosigkeit der Stellen hinter dem Komma bei dieser Berechnung, der Annäherungen, Messungen, Rundungen von Zwischenergebnissen vorausgegangen waren, kam man auf das abschließende qualitative Ergebnis, dass in einem vergleichbaren Abschnitt ein natürlicher Fluss etwa doppelt soviel Fläche einnimmt wie ein begradigter Fluss.

In der Diskussion wurde deutlich herausgestellt, dass der begradigte Fluss die gleiche Wassermenge nur mit größerer Tiefe oder höherer Strömungsgeschwindigkeit bewältigen kann. Damit wurden Einfärbungen in der Karte zur Tiefe des Flusses nebenbei bestätigt.

In der allgemeinen Diskussion kam noch das Argument zum Tragen, dass die höhere Fließgeschwindigkeit die Uferböschung stärker belaste und dies bei Hochwasser eine zusätzliche Gefahr bedeute. Die in der Karte angedeutete Offenheit der Uferböschung an manchen Stellen, die mögliche Überflutungsgebiete anzeigte, ließ auch für den Rhein auf Überflutungsgebiete und die Zerstörung von Auwäldern im Lauf der Jahrhunderte aufmerksam werden.

Was hat sich mathematisch abgespielt?

Wenn man sich im Mathematikunterricht Zeit nimmt, um auch über das Fach hinausgehende Inhalte aufzugreifen, Diskussionen zuzulassen, stößt man oft auf Kritik und auf die skeptische Frage: Was hat der Unterricht denn nun eigentlich mathematisch gebracht?

Abgesehen davon, dass ich diese Frage unter dem Aspekt des Lernprozesses der Schüler/innen und der Betonung des Aspekts Unterricht nicht für sinnvoll halte, lässt sich für die hier beschriebenen Unterrichtsstunden eine ganze Fülle von mathematischen Tätigkeiten identifizieren:

- Die Berechnungen erforderten häufig Umwandeln von Größen, vor allem von Flächen- und Rauminhalten, dabei flexibles Umgehen und Rechnen sowohl mit großen Zahlen als auch mit Dezimalzahlen – zum Teil unmittelbare Anwendungen zuvor erarbeiteter Inhalte.
- Unterschiedliche Darstellungen in den Materialien sowie unterschiedliche Entscheidungen der Schüler/innen, was ihre Arbeitsschritte anging, erforderten immer wieder die Erörterung unterschiedlicher Darstellungen rationaler Zahlen.
- Prozent-, Bruch- und Dezimalschreibweise mussten zur Verständigung verglichen oder ineinander umgewandelt werden.
- Die verfügbaren Daten selbst mussten geeignet gerundet werden. Dabei musste überlegt werden, welche Genauigkeit sinnvoll war.
- In ihrer Größenordnung oft unvorstellbare Ergebnisse verlangten nach Absicherung durch Überschlagsrechnungen.

Ein ganz wesentlicher Aspekt mathematischen Handelns lag darin, dass die Schüler/innen die ihnen verfügbaren mathematischen Kenntnisse und Werkzeuge zur Erschließung, Verarbeitung und Erweiterung von alltäglichen Informationen genutzt haben.

Dabei mussten sie verschiedene Möglichkeiten erproben, stießen an Grenzen, lösten aber auch zunächst schwierig erscheinende Probleme. Man denke nur an die Flächenmessung durch Anpassung von Rechtecken und an das ad hoc entwickelte Umrechnungsverfahren, das einer Dreisatzrechnung entsprach.

Diskussion zur Umweltproblematik

In der abschließenden Diskussion konnten zwar nicht alle auftretenden Fragen und Probleme abschließend beantwortet und geklärt werden, wohl aber leistete die Diskussion einen nachhaltigen Beitrag zur Bewusstseinsbildung für Umweltfragen.

Die Auswertung der zum Teil unvorstellbar großen Zahlen führte die Schüler/innen zu dem Schluss, dass die große Niederschlagsmenge in wenigen Tagen die Hochwasserkatastrophe auslöste.

Allerdings wurde auch bedacht, dass Regen in diesem Ausmaß für die Jahreszeit ungewöhnlich war und eigentlich auch als Schnee hätte fallen können.

Hier schloss sich die Frage an, ob wir es bereits mit klimatischen Veränderungen zu tun haben könnten. (Es wurde nicht vergessen, dass gegebenenfalls die Schneeschmelze zu einem alljährlichen Frühjahrshochwasser führen könne.)

Resümee

Im Rückblick scheinen mir die vier Unterrichtsstunden rund um das Hochwasser sehr lohnenswert gewesen zu sein.

Die einzelnen Stunden habe ich wohl als unstrukturiert, zuweilen als etwas chaotisch erlebt. Dem 45-Minuten-Takt ausgeliefert, mussten soeben aufkeimende Zielsetzungen und strukturierende Überlegungen mühevoll in der nächsten Stunde wiederaufgenommen werden. Auch gelang es nicht mehr (Osterferien!), die Ergebnisse zum Beispiel auf Plakaten zusammenzustellen.

Geradezu spannend war es jedoch zu beobachten, wie die Schüler/innen über ihre Arbeitsschritte kommunizierten. Fähigkeiten Einzelner hinsichtlich der Verfügbarkeit mathematischer Argumentationen und Methoden ließen sich leichter einschätzen, als das sonst im Unterricht der Fall ist.

Kurzum, es lohnt sich, auch für kurze, überschaubare Unterrichtsabschnitte den Mathematikunterricht für fachübergreifende Inhalte zu öffnen. Wem die Ergebnisse dabei zu bescheiden sind, dem bleibt ja immer noch ein Projekt!

Literatur

BRUCKER, A. (1974): Mainüberschwemmung. Braunschweig (Westermann).

KAPITEL 3 – WASSERQUALITÄT, CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BEWERTUNG

3.1 SACHINFORMATION

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER und KLAUS PRANKEL

Bäche und Flüsse sind deutlich flacher als Seen; aufgrund ihrer lang gestreckten Gestalt ist der Anteil ihres Ufers sowohl absolut als auch relativ (bezogen auf 1 m^2 Wasseroberfläche) wesentlich größer als der der Binnenseen. Sie haben eine enge Verbindung mit dem Landökosystem (s. Kap. 1 Gewässerumfeld und 2 Gewässerstruktur), bei geringer Tiefe und Fließbewegung sind sie von der Energiezufuhr und den Nährstoffeinschwemmungen sowie vom Laubfall stark beeinflusst, z. B. dem der Erlen, von dem sich der Bachflohkrebs ernährt. All dies kann beobachtet und mittels chemisch-physikalischer Parameter gemessen und bewertet werden.

Charakteristisch für Fließgewässer ist ihre Strömung, und als unbelastet gelten diejenigen, die gut durchlüftet und frei resp. arm an eingetragenen Nährstoffen sind. An derartige Gewässer sind die in ihnen lebenden Organismen angepasst. Der Sauerstoff wird in den Oberläufen, den Bächen und kleinen Flüssen, die den größten Anteil der Fließstrecken ausmachen (s. Kap. 2 Gewässerstruktur), durch Wellenschlag und Turbulenzen der Wasseroberfläche aus der Atmosphäre in das Gewässer eingetragen.

Die Organismen sind an diese Bedingungen angepasst und der Sauerstoff ist der wesentliche limitierende Faktor (s. Saprobiensystem in Kap. 4. Lebensgemeinschaft). Die Lebensgemeinschaften sind gegenüber dem Eintrag von Sauerstoff zehrenden organischen Substanzen resp. die Zehrung fördernden Nährstoffen äußerst empfindlich und daher gut als Indikator der Wasserqualität geeignet. Die Gewässer sind im naturnahen Zustand ganz oder teilbeschattet, und die Fotosynthese spielt nur eine geringe Rolle. Die meisten Pflanzenteile werden von außen eingetragen (Laubfall), und viele Tiere der Fließgewässerlebensgemeinschaft, wie z. B. der oben erwähnte Bachflohkrebs, leben von diesem Material.

Aus diesem Grunde sind nicht nur der Verlauf des Bettes sondern auch die Gestalt der Sohle von Bedeutung (s. Kapitel 2 „Gewässerstruktur“). Mit steigenden Temperaturen wächst der Sauerstoffbedarf der Organismen, während die Löslichkeit des Sauerstoffes wie bei allen anderen Gasen abnimmt; aus diesem Grunde ist die gemessene absolute Sauerstoffkonzentration unter Berücksichtigung der Temperatur in den relativen Prozentwert der Sauerstoffsättigung umzurechnen (s. Tabelle im „Protokollformular zur chemisch-physikalischen Bestimmung der Gewässergüte“).

In den größeren Flüssen ist dann der Sauerstoff ein Produkt der Fotosynthese der Pflanzen. Bei hoher Nährstofffracht kann unter starker Sonneneinstrahlung der Anteil des Sauerstoffs an den im Wasser gelösten Gasen deutlich über 18 % steigen, so dass dann eine Übersättigung eintritt und mit weit über 100 % mehr Sauerstoff im Wasser gelöst ist, als bei den jeweiligen Temperaturen unter ungestörten Bedingungen sonst erreichbar ist. Andere Organismen können durch diese Übersättigung belastet werden.

Stoffkreislauf und Energiefluss der Organismen der folgenden trophischen Ebenen basieren auf dieser fotosynthetischen Leistung.
Die Destruenten ernähren sich von dem in Zersetzung begriffenen pflanzlichen und tierischen Material; Filtrierer sind dabei sehr wichtig, z. B. die Larve der Köcherfliege Hydropsyche, die mit Hilfe eines Netzes die Nahrungspartikel aus dem fließenden Wasser siebt.

Schließlich erfolgt durch Pilze und Bakterien der Abbau zu anorganischen Verbindungen, die Stoffe sind wieder mineralisiert. Für die dann folgende Nitrifikation – Umwandlung des Ammoniums zum Nitrit durch das Bakterium Nitrosomas und der folgenden Oxidation des Nitrits zum Nitrat durch das Bacterium Nitrobacter – (s. Abb. 2.1.8) und die Sulfurikation des Sulfids (S^{2-}) über elementaren Schwefel zum Sulfat (SO_4^{2-}) wird wieder Sauerstoff benötigt. Unter natürlichen Bedingungen kommt Ammonium nur in einer Konzentration von < 0,03 mg/l und Nitrit – für Schulen nicht mehr nachweisbar – in Spuren < 0,001 mg/l vor.

Die große Bedeutung des Sauerstoffs wird sehr deutlich, wenn sich bei Sauerstoffmangel die Abbauprozesse in die Desulfurikation der Reduktion des Sulfats zum Sulfid und die Denitrifikation umkehren. Bei der Denitrifikation bauen anaerobe Bakterien, Pseudomonaceen, Nitrat wieder zu Ammonium um, das sich im Gewässer anreichert. Ammonium steht in einem pH-abhängigen Gleichgewicht zum Zellgift Ammoniak. Enthält das Gewässer viel Ammonium, kann eine Verschiebung des pH-Wertes in den basischen Bereich schnell gefährlich werden. Bei hohen pH-Werten bildet sich vermehrt aus Ammonium das Zellgift Ammoniak.

Die Eigenschaften und Stoffe im Einzelnen*

Färbung und Geruch: Die Prüfung des Gewässers und des Gewässerbodens auf Färbung und Geruch verschafft auf unkomplizierte Weise einen Eindruck über seinen Zustand. Steine am Gewässerboden – auch am Gewässerufer – sind oft unterseits schwarz eingefärbt. Bei Sauerstoffmangel bildet sich Eisen-II-Sulfid, das diese Färbung hervorruft. Größere schwarze Flecken weisen daher auf häufigere Sauerstoffmangelsituationen hin, bei denen der bei der Zersetzung org anischer Substanzen frei werdende Schwefel als Sulfid gebunden wird. Fauliger oder jauchiger Geruch wird durch Faulschlammablagerungen verursacht. Beim anaeroben Abbau entstehen Faulgase, unter anderem Schwefelwasserstoff.

Messung: Vom Gewässerboden werden Steine aufgenommen und ihre Unterseite auf schwarze Flecken untersucht. Keine oder nur geringe schwarze Färbungen weisen auf gute Gewässerqualität hin. Deutliche Flecken, die etwa die Hälfte der Fläche bedecken, zeigen bereits einen kritischen Zustand, noch größere Färbungen eine starke Verschmutzung.

Um den Geruch festzustellen, wird eine Hand voll Gewässerboden sofort auf den Geruch getestet (Faulgase verflüchtigen sich sehr schnell). Riecht die Probe erdig, vielleicht sogar moderig, liegt eine gute Gewässerqualität vor. Geruch nach faulen Eiern oder gar nach Jauche bedeutet je nach Intensität kritisch belastetes oder verschmutztes Wasser.

** Nach Prigge, S. (1997): Schulen für eine Lebendige Elbe. Hamburg (ZSU, IfL), S. 17-19*

Wassertemperatur: Schwankungen in der Wassertemperatur haben vielfältige Auswirkungen auf die Organismen und die Chemie des Gewässers. Mit steigender Temperatur sinkt die Fähigkeit des Wassers, Sauerstoff zu lösen. In stark erwärmten Gewässern kann es daher schnell zu Sauerstoffmangel kommen. Die Entwicklung des Lebens beschleunigt sich mit dem Anstieg der Temperatur. Bakterien und Algen wachsen und vermehren sich besonders stark bei hohen Wassertemperaturen.

Messung: Nicht zu flach, mit dem Thermometer möglichst in etwa 20 cm Wassertiefe.

Sauerstoffgehalt: Der Sauerstoffgehalt des Wassers muss gleichmäßig hoch sein, um Fische und andere Wassertiere gesund zu erhalten. Für die meisten Fischarten liegt der kritische Sauerstoffgehalt bei 2 - 5 mg/l. Alle Lebewesen, auch die Pflanzen, sind auf Sauerstoff für ihre Zellatmung angewiesen. Sauerstoffmangel wird insbesondere durch den bakteriellen Abbau organischer Substanz verursacht. Es können aber auch in Moorbächen unter Sauerstoffverbrauch Huminstoffe abgebaut werden.

Unter Sauerstoffmangel entwickeln sich Bakterien, die ihren Stoffwechsel ohne Sauerstoff bewältigen können. Als Produkte ihrer Tätigkeit entstehen giftige Verbindungen, wie Schwefelwasserstoff (Geruch nach faulen Eiern) und Ammoniak, s. o. Denitrifikation.

Messung: Titrimetrisch nach Winkler (unterschiedliche gut geeignete Sauerstofftests sind im Handel erhältlich, am besten das Titrationstestbesteck von Visocolor, s. Abschnitt 3.5). Es muss auf sorgfältige Füllung der Probenflasche geachtet werden, die Wasserprobe darf nicht beim Einfüllen „blubbern“ und muss bis zum Überlaufen gefüllt werden, damit nicht zusätzlich Sauerstoff hineingerät.

Biochemischer Sauerstoffbedarf: Der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB) ist ein Summenparameter für die Menge der bakteriell abbaubaren organischen Substanzen im Wasser. Da Bakterien bei dem Abbau dieser Stoffe Sauerstoff verbrauchen, ist der gemessene Sauerstoffverbrauch ein Maß für die Belastung des Gewässers mit organischen Substanzen. Der BSB_5-Wert (Biochemischer Sauerstoffbedarf innerhalb von 5 Tagen) des pro Tag erzeugten Abwassers eines Menschen beträgt 60 g Sauerstoff (Einwohnerwert).

Messung: Man schüttelt eine Wasserprobe sehr kräftig mit Luft, bis sie sauerstoffgesättigt ist. Anschließend füllt man zwei Sauerstoff- Probenflaschen und achtet darauf, dass keine Luftblasen enthalten sind. Die eine Probenflasche wird für 5 Tage möglichst bei 20 °C dunkel gestellt, mit Hilfe der zweiten Probe wird der aktuelle (durch Schütteln annähernd gesättigte) Sauerstoffgehalt gemessen. Nach 5 Tagen wird in der dunkel gestellten Probe der Sauerstoffgehalt bestimmt und von dem Wert der aufgeschüttelten Probe abgezogen. Die Differenz ist der BSB_5-Wert. Sollte eine Messung aus organisatorischen Gründen nicht nach 5 Tagen erfolgen können, kann innerhalb von 1 - 7 Tagen

gemessen, der diesbezügliche BSB-Wert bestimmt und dann in den Referenzwert, den BSB_5, umgerechnet werden:

UMRECHNUNG VON BSB-WERTEN NACH 1-7 TAGEN AUF DEN BEZUGSWERT BSB_5	
BSB_1 nach BSB_5: Ergebnis x 1.98	BSB_4 nach BSB_5: Ergebnis x 1.136
BSB_2 nach BSB_5: Ergebnis x 1.85	BSB_6 nach BSB_5: Ergebnis x 0.91
BSB_3 nach BSB_5: Ergebnis x 1.37	BSB_7 nach BSB_5: Ergebnis x 0.855

pH-Wert: Der pH-Wert gibt den Säuregrad eines Gewässers an. Wasser enthält positiv geladene Hydronium-Ionen (H_3O^+) und negativ geladene Hydroxid-Ionen (OH^-). Sind mehr H_3O^+-Ionen als OH^--Ionen im Wasser vorhanden, sinkt der pH-Wert unter den Neutralpunkt 7.
Das Wasser wird saurer, pH-Werte oberhalb 7 bedeuten eine basische Reaktion. Die pH-Werte markieren den negativen, dekadischen Logarithmus der Konzentrationen der Hydronium-Ionen (H_3O^+). So bedeutet die Abweichung um eine Stufe nach unten oder oben eine Verzehnfachung der H_3O^+-Ionen-Konzentration (bei pH 7 auf pH 6 usw.) bzw. der OH^--Ionen-Konzentration (von pH 7 auf pH 8 usw.). Die meisten Wasserbewohner können Werte zwischen pH 5 und pH 9 tolerieren.

Messung: Für die Messung des pH-Wertes eignen sich schon einfache Teststäbchen, aber auch colorimetrische Tests oder pH-Elektroden, am besten das Digitale Taschen pH-Meter - pH-plus wasserdicht (mit einem Messbereich von pH 0 - 14) für ca. 43 Euro, ohne MwSt. (s. Abschnitt 3.6. PRAXISBEISPIEL: Kirnitzschtal).

Stickstoff: Nitrat ist das Endprodukt des Eiweißabbaus im Wasser. In zwei Stufen wird vorhandenes oder eingeleitetes Ammonium (NH_4^+) zunächst bakteriell zu Nitrit (NO_2^-), dann zu Nitrat (NO_3^-) abgebaut (s. o. Nitrifikation). Nitrat ist ein wichtiger Baustein für die Protein-Biosynthese. In hoher Konzentration fördert Nitrat jedoch das übermäßige Wachstum von Algen und trägt zur Eutrophierung bei.

Messungen: Siehe Empfehlungen für Analyse-Chemikalien im Abschnitt 3.5 Empfehlungen für die Beschaffung von Chemikalien.

Phosphat: Das Phosphat ist in unbelasteten Gewässern nur in geringsten Spuren vorhanden. Im Wasser kommt Phosphat in drei Fraktionen vor: als anorganisches gelöstes Phosphat (Ortho-Phosphat PO_4^{3-} und wasserlösliche Polyphosphate, wie $P_3O_{10}^{10-}$), als organisch gelöstes Phosphat und als organisch partikuläres Phosphat; die beiden letzten Fraktionen sind in Lebewesen gebunden. Nur das anorganisch gelöste Phosphat lässt sich unkompliziert messen. Phosphat im Wasser wird von Algen schnell aufgenommen, aber auch im Sediment festgelegt. Dort verbindet sich Eisen mit Phosphat zum wasserunlöslichen Eisen-III-Phosphat-Komplex. Damit ist das Phosphat zunächst einmal aus dem Verkehr gezogen. Bei großem Sauerstoffmangel wird Eisen-III-Phosphat zu Eisen-II-Phosphat reduziert, dieses ist wasserlöslich, so dass es erneut dem Pflanzenwachstum zur Verfügung steht und

damit den dann folgenden Sauerstoff zehrenden Abbauprozess weiter anregt.

Einmalige Phosphateinträge müssen daher keine lang anhaltende Wirkung auf das Gewässer haben. Ständige Phosphateinleitungen dagegen verursachen eine ständig wachsende Produktion organischen Materials (Eutrophierung).

Messungen: Siehe Empfehlungen für Analyse-Chemikalien im Abschnitt 3.5 Empfehlungen für die Beschaffung von Chemikalien.

Elektrolytische Leitfähigkeit: Die elektrolytische Leitfähigkeit ist ein Maß für die Menge der gelösten Ionen im Wasser. Salzbelastungen treten bei Einleitungen von häuslichen Abwässern, bei Abwässern aus industriellem Salzabbau und Einschwemmungen nach Winterstreuungen auf. Gemessen wird der Salzgehalt mit einer Elektrode in der Einheit µs/cm (Mikro-Siemens pro cm). Als optimal können Werte von 100 bis 300 µs/cm angenommen werden.

Messung: Die Leitfähigkeit wird mit einer Elektrode bestimmt, am besten mit dem Digitalen Leitfähigkeitsmessgerät - DIST 3 wasserdicht mit einem Messbereich von 0-1990 µs/cm für ca. 47 Euro (ohne MwSt.), siehe Empfehlungen für Analyse-Chemikalien im Abschnitt 3.5 Empfehlungen für die Beschaffung von Chemikalien.

Neben diesen Parametern sind für die Qualität des Wassers **weitere Stoffe** von Bedeutung, der Anteil der Salze, insbesondere des Chlorids und Sulfats. Bei den Schwermetallen ist auf Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink zu achten. Ferner wird auf halogenierte Kohlenwasserstoffe (AOX) und synthetische Verbindungen getestet. Neben dem unten erwähnten Biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB) werden auch der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) und der Gesamtkohlenstoff (TOC) bestimmt. All diese Verbindungen und Größen werden im Schulunterricht in der Regel nicht erfasst, dort werden die Nährstoffe, der Sauerstoffbedarf und die mikrobielle Situation (Belastung durch E. coli, siehe Empfehlungen für Analyse-Chemikalien im Abschnitt 3.5 Empfehlungen für die Beschaffung von Chemikalien) thematisiert.

Gütebestimmung nach Bach*

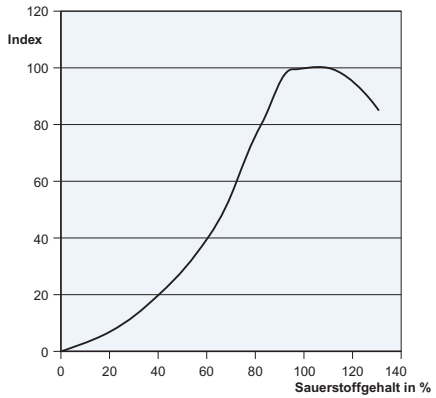
Wenn auch die Gewässergüte zwar ein vielschichtiger Begriff ist und an Wässer zur Trinkwassergewinnung andere Anforderungen als an Badegewässer, Fischgewässer, Gewässer zur Bewässerung von Feldern oder zum Viehtränken gestellt werden, orientieren sich die unterschiedlichen Einteilungen der Fließgewässer auf Grund der oben dargestellten Zusammenhänge hauptsächlich an der Belastung mit organischen Inhaltsstoffen und anorganischen Salzen, die unter Sauerstoffverbrauch abgebaut werden. Derartiges ist schultauglich. Lange Zeit hat auch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) die Fließgewässer nach Bach überwacht.

* *Johann-Wolfgang Landsberg-Becher und Klaus Prankel*

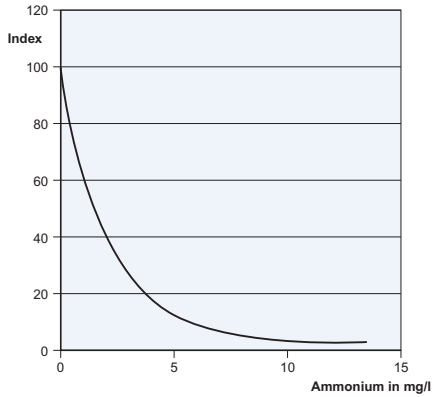
Dazu werden Temperatur, Sauerstoffgehalt, BSB_5, pH, Phosphat, Nitrat, Ammonium und die elektrische Leitfähigkeit erfasst. Diese Parameter werden auf Grund ihrer verschiedenen Wirkungen in ihrer ökologischen Bedeutsamkeit in zweifacher Weise unterschiedlich bewertet:

1. Für die Bewertung der Art und Weise, in der die verschiedenen Stoffe das Ökosystem beeinflussen, liegen die folgenden Funktionen zugrunde:

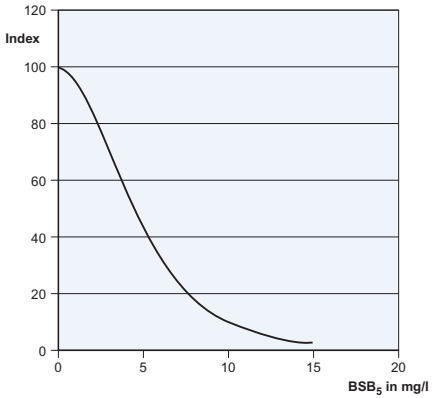
Indexwerte für den Sauerstoffgehalt



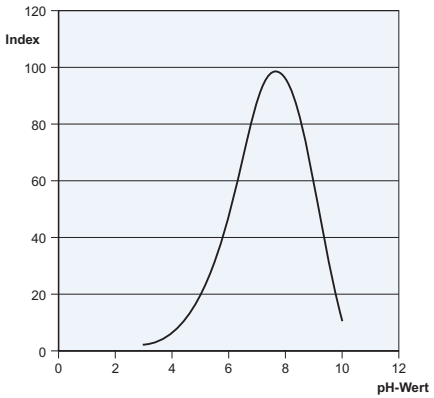
Indexwerte für Ammonium



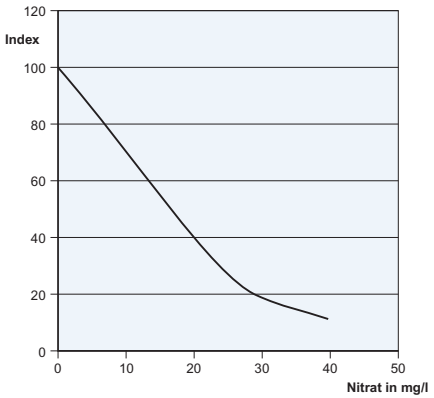
Indexwerte für BSB_5



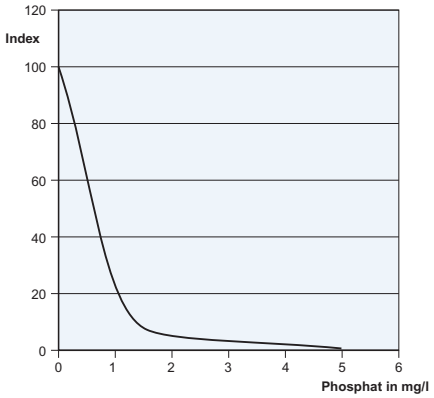
Indexwerte für den pH-Wert



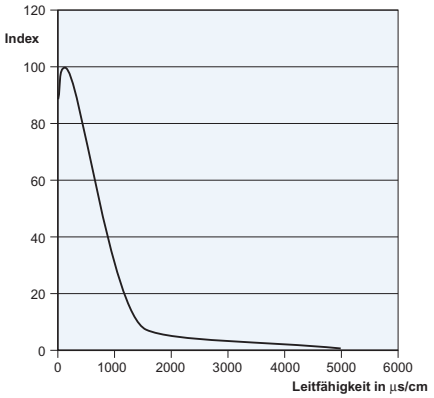
Indexwerte für Nitrat



Indexwerte für Phosphat



Indexwerte für die Leitfähigkeit



Die Indexwerte I auf dem „Protokollformular zur chemisch-physikalischen Bestimmung der Gewässergüte“ im Abschnitt 3.4 können diesen Graphen entnommen werden.

2. Die unterschiedliche quantitative Bedeutung der einzelnen Stoffe findet ihren Niederschlag in unterschiedlichen Wichtungen:

PARAMETER	WICHTUNG	PARAMETER	WICHTUNG
1. Temperatur	8%	5. Ammonium	15%
2. Sauerstoffgehalt	20%	6. Nitrat	10%
3. BSB_5	20%	7. Phosphat	10%
4. pH	10%	8. elektrische Leitfähigkeit	7%

Bei der Methode nach BACH wird ein so genannter multiplikativer Index verwendet. Bei einfacheren, in der Sekundarstufe 1 eher zu benutzenden Methoden werden die jeweiligen aus den Daten abgeleiteten Indexzahlen mit den dazugehörigen Gewichtungen multipliziert. Die so entstandenen Produkte werden anschließend addiert.

Der multiplikative Index nach BACH geht anders vor: Die aus den gemessenen Daten abgeleiteten Indexzahlen I werden mit den dazugehörigen Gewichtungen W potenziert. Die so entstandenen Zahlen werden anschließend multipliziert. Der multiplikative Index hat zur Folge, dass sich Extremwerte stärker auf die Gesamtrechnung auswirken, was den Situationen in den Gewässern näher kommt, weil auch dort Extremwerte den Ausschlag für die Qualität geben können. Hinzu kommt, dass – sinnvollerweise – den Stickstoffverbindungen eine entscheidende Rolle eingeräumt wird.

Allgemein sieht die Berechnungsformel für die Methode von BACH wie folgt aus:

$$I_{ges} = I_1^{w1} \times I_2^{w2} \times \ldots I_8^{w8}$$

Das sieht recht schwierig aus, ist aber mittels eines Taschenrechners und ggf. des „Protokollformulars zur chemisch-physikalischen Bestimmung der Gewässergüte“ im Abschnitt 3.4 recht einfach. Aus der Berechnung ergibt sich ein Wert für die Gewässergüte zwischen 1 und 100. Dieser Wert kann nun direkt auf einer Skala der Gewässergüte zugeordnet werden:

INDEXZAHL	100 - 84	83 - 74	73 - 57	56 - 45	44 - 28	27 - 18	17 - 0
nach LAWA	I	I - II	II	II - III	III	III -I V	IV
EU-Wasserrahmenrichtlinie	1 (sehr gut)	2 (gut)		3 (mäßig)	4 (unbefriedigend)	5 (schlecht)	

Diese Ergebnisse können mit geographischen Berechnungen kombiniert und dahingehend erweitert werden, dass die spezifischen Schadstoffbilanzen einzelner Gewässereinzugsbereiche berechnet werden, s. Abschnitt 1.2 „Kartierung, Überschwemmungsflächen, Schadstoff-Bilanzen“ und 2.3 „Querprofil, Strömungsgeschwindigkeit und Abfluss“.

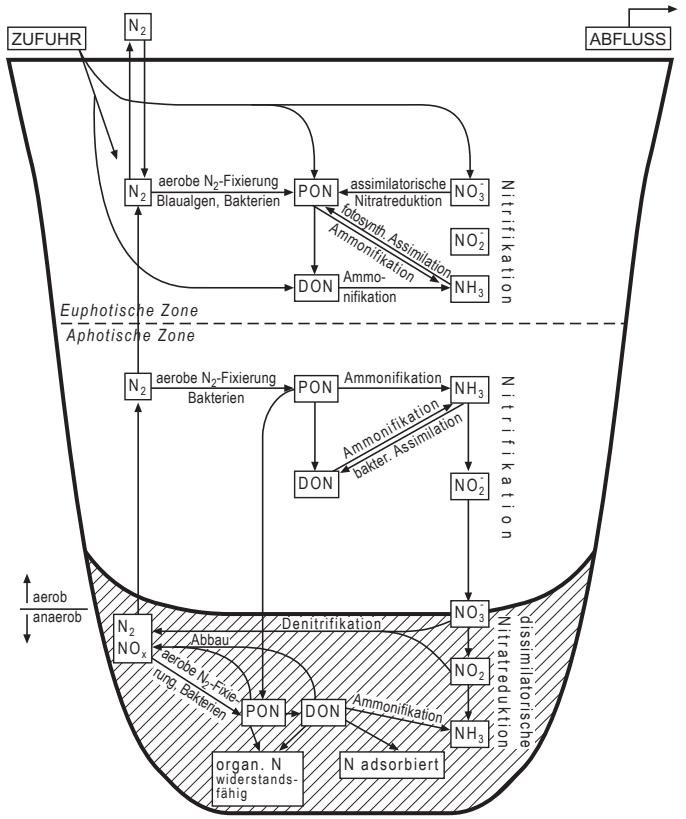
Während Ammonium und Nitrat als Stickstoffverbindungen Parameter für die Berechnung des Saprobienindex sind, gilt dies nicht für Nitrit, welches in deutlich geringerer Konzentration nur eine temporäre Verbindung darstellt. Dennoch ist die Messung unter 3.4 vorgesehen, und unter 3.5 werden Chemikalien für die Nitritmessung genannt, aus zwei Gründen:

1. Mit der Messung der Konzentrationen der Stickstoffverbindungen entlang der Fließstrecke eines Gewässers ist es möglich, einen Teil eines Stoffkreislaufs zu beobachten und den Kreislauf induktiv kennen zu lernen. Die Chance sollte man nutzen, ein derartiges wichtiges und nicht immer geliebtes Thema nicht ausschließlich als Kreidebiologie deduktiv zu vermitteln sondern auch feldbiologisch zu erkunden (s. Abb. 3.1.1).

   Dies ist eine sehr sichere Unterrichtseinheit, deren Arbeitsaufwand bei der Suche nach einem geeigneten Bach oder Fluss anfangs recht groß ist, dann aber gegen Null geht. In Berlin erfolgen diese Messungen seit über 15 Jahren an den den Tegeler See durchfließenden Zuflüssen der Havel.

2. Sicherer und weniger durch andere Faktoren beeinflusst wie beim Phosphat, kann auf diesem Wege auch die Selbstreinigung eines Fließgewässers beobachtet werden. Unter 3.6 wird ein Beispiel hierzu aus Sachsen vorgestellt, bei dem auf Anhieb beide Beobachtungen – Stickstoffkreislauf und Selbstreinigung – klappten.

Der Stickstoffkreislauf in einem Binnengewässer



DON = gelöster organischer Stickstoff PON = partikulärer organischer Stickstoff
aus: Limnologie für die Praxis – Grundlagen des Gewässerschutzes, 1984

Abb. 3.1.1: Der Stickstoffkreislauf in einem Binnengewässer. Nach Limnologie für die Praxis – Grundlagen des Gewässerschutzes, in PRIGGE, *S. 76.*

Die Selbstreinigung der Fließgewässer ist mitnichten eine durch die weiteren Zuflüsse möglich gewordene Verdünnung abträglicher Verbindungen, sondern ein dem Charakter des Fließgewässers entspringender Vorgang. Viele Gewässer werden durch Verbau der Fließstrecken, Einleitungen von Abwässern und Einspülungen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen belastet.

Selbstreinigung von Fließgewässern*

Werden einem Gewässer Abwässer mit organisch abbaubaren Stoffen zugeleitet, so liegt unmittelbar hinter einer Abwassereinleitung eine Verödungszone, in der alle Pflanzen- und Tierarten der Reinwasserzone fehlen. Es treten jedoch einige Arten in großer Individuenzahl auf, die nur in diesem Gewässerabschnitt vorkommen. Am auffälligsten ist der zu den Bakterien gehörende Abwasserpilz Sphaerotilus natans, der dichte, grauweiße Oberzüge auf den Steinen bildet. Er besteht aus einfachen oder verzweigten Fäden, die zu filzigen, meterlangen Watten verwachsen. Sein dichter Bewuchs auf den Steinen überdeckt die auf den Steinen siedelnden Algen und entzieht allen Bachorganismen, die sich einen Halt auf fester Unterlage verschaffen müssen, die Festheftungs- und Nahrungsgrundlage.

Das schlagartige Auftreten von Sphaerotilus natans und anderer heterotropher Bakterien wird durch das reiche Nährstoffangebot hervorgerufen, das in den organischen Abwässern in fester oder gelöster Form (besonders NH_4^+) vorkommt. Es sind geradezu Nährlösungen für Bakterien, in denen sie sich explosionsartig vermehren können. Die nitrifizierenden Bakterien oxidieren Ammonium (NH_4^+) über Nitrit (NO_2^-) zu Nitrat (NO_3^-). Die Basis des Energieflusses ist nicht mehr die natürliche Strahlungsenergie, sondern die in den organischen Abwasserinhaltsstoffen chemisch gebundene Energie. Ist die Anfangsbelastung sehr stark, wird der gesamte Sauerstoff für die Mineralisation verbraucht. Dadurch wird allen stark sauerstoffbedürftigen Organismen die Lebensgrundlage entzogen.

Dagegen finden im Sphaerotilusrasen nun Protozoen, die als Folgekonsumenten von dem Bakterienaufwuchs leben, einen günstigen Lebensraum. Weitere Tiere, die im sauerstoffarmen Milieu existieren können, stellen sich ein: Rattenschwanzlarven, Schlammfliegenlarven und Schlammröhrenwürmer (Tubifex). Die Schlammröhrenwürmer stecken mit ihrem Vorderende im Schlamm, während das herausgestreckte Hinterende pendelnde Atembewegungen durchführt. Sie ernähren sich ebenso wie die roten Zuckmückenlarven von den Substanzen der Abwasserfracht und bauen sie durch Stoffwechselvorgänge zu einfacheren Verbindungen ab.

Starke Düngung des Wassers (NO_3^-, PO_4^{3-}) führt dazu, dass flussabwärts ein verstärkter Algenaufwuchs erfolgt. Durch deren Assimilationstätigkeit wird dem Wasser wieder genügend Sauerstoff zugeführt. Als Folge treten Primär- und Folgekonsumenten auf, da die Produzenten (als Nahrungsbasis) und Sauerstofferzeuger wieder vorhanden sind. Zum Wiederanstieg des Sauerstoffgehalts führt auch die physikalische Belüftung durch Turbulenzen des Wassers. Die durch den Algenaufwuchs abnehmende Nährstoffkonzentration lässt flussabwärts die Bakterien und ihre Folgekonsumenten wieder verschwinden.
Über die Fotosynthese wird nun wieder die Strahlungsenergie des Sonnenlichtes fixiert, in chemische Energie umgewandelt und über die Nahrungskette allen Konsumenten zugeführt. Diesen Vorgang, bei dem durch die Tätigkeit bestimmter Organismen organische Stoffe abgebaut werden und sich die Beschaffenheit des Wassers der ursprünglichen Güte nähert, nennt man biologische Selbstreinigung eines Gewässers.

** Barndt, G. & Bohn, B. (1985): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. Berlin (Pädagogisches Zentrum). Aktual. Nachdruck 1996[7] Bonn (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz), S. 24 - 26*

LITERATUR
ZU KAPITEL 3: WASSERQUALITÄT, CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BEWERTUNG

ANDRES-EICH, U. ET AL. (1994): Nitratbelastung von Trinkwasser und Gemüse. Bad Kreuznach (Pädagogisches Zentrum)

BARNDT, G. & BOHN, B. (1985): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. Berlin (Pädagogisches Zentrum). Aktual. Nachdruck 1996[7] Bonn (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz)

BADE, L. (1981): Versuche zum Stickstoffkreislauf. Unterricht Biologie, 5, Heft 57, S. 31 - 36

BAUR, H.W. (1997[3]): Gewässergüte bestimmen und beurteilen. Hamburg & Berlin (Parey)

GRAF, E. (1994): Stickstoff aus der Landwirtschaft. Unterricht Biologie, 18, Heft 11, S. 42 - 46

LICHTNER, H.-D. (1996): Lebenslauf eines Baches – ein Kooperationskurs Biologie/Geographie, Biologie in der Schule, 45, Heft 5, S. 272 - 283. Auch für Chemie geeignet

LÜKENGA, W. (1998): Wasser als Ressource. Köln (Aulis)

NEUGEBAUR-BÜCHLER, K. & DRAXL, R. (1993): Stickstoff im Gewässer. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie. 42, Heft 1, S. 14 - 20.

PRIGGE, S., (1994[2]): Gewässer im Stadtteil. Hamburg (ZSU, IfL)

WARNING-SCHRÖDER, H. (1994): Eingriffe des Menschen in den globalen Stickstoffkreislauf – Unsere fleischorientierte Ernährung als Mitverursacherin einer Klimaänderung. Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht, 47, Heft 1, S. 81 - 90

WARNING-SCHRÖDER, H. (1994): Ernstes über Lachgas. Unterricht Biologie, 18, Heft 11, S. 47 - 51

WROZ, W. (1997): Bodenvergiftung und Bodenversauerung. Geographie und Schule, Heft 108 (8), S. 24 - 32

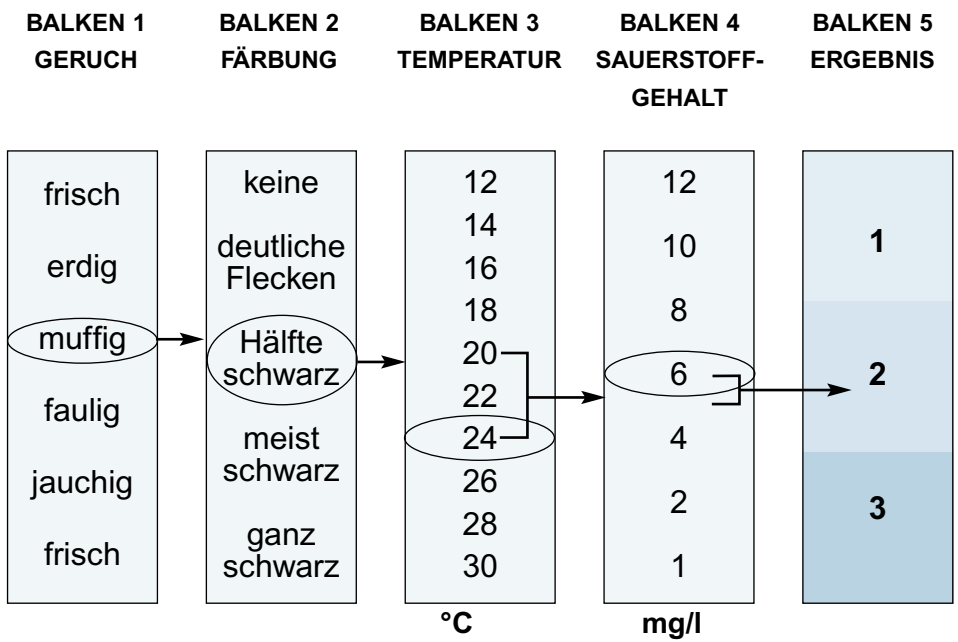
Für die Bestimmung der Gewässergüte werden folgende Parameter herangezogen.

- Die Wassertemperatur
- Der Sauerstoffgehalt
- Die Färbung der Steine
- Der Geruch des Gewässerbodens

Die Messungen können mit einfachen Tests (z. B. der Firma Tetra Aquaristik, sonst günstiges Titrationstestbesteck von Visocolor, s. Abschnitt 3.5) gemacht werden. Handwerklich ist dies unproblematisch, wohl aber verlangt der Sauerstofftest das Vorstellungsvermögen, dass ein unsichtbares Gas, im Wasser gelöst, die Atmung der Lebewesen ermöglicht. Einfache Versuche zu Gasen in Flüssigkeiten (Kohlensäure in Mineralwasser) und zur Atmung (Beobachtung an Fischen) sollten vorbereitend unternommen werden.

Während die Färbung recht gut zu erkennen ist, bedarf die Einordnung nach Geruch einiger Übung. Bei Bedarf sollte die Einstufung auf wenige Geruchsarten reduziert werden: frischer Geruch, muffiger Geruch, fauliger Geruch, jauchiger Geruch.

Beispiel: Am Gewässer wurden gemessen: Temperatur: 24 °C, Sauerstoffgehalt 6 mg/l. Die Steine waren etwa zur Hälfte schwarz eingefärbt und der Geruch war muffig.



Als Ergebnis ergibt sich der Wert 2, das Wasser ist belastet.

Aus Prigge, S. (1997): Schulen für eine lebendige Elbe. Hamburg (ZSU, IfL), S. 19 + 20

DIE LEBENSBEDINGUNGEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Untersuche das Gewässer und notiere in der unteren Abbildung die Beobachtungen.

1. Wie riecht das Wasser?
   Nimm eine Hand voll Gewässerboden und teste sie sofort auf den Geruch (Faulgase verflüchtigen sich sehr schnell). Riecht die Probe erdig, vielleicht sogar moderig, nach faulen Eiern oder Jauche?
2. Wie sehen die Steine von unten aus?
   Nimm vom Gewässerboden Steine auf und untersuche sie auf schwarze Flecke!
3. Wie warm ist das Wasser?
   Versuche, in 20 cm Tiefe die Temperatur des Gewässers zu messen, und stecke dazu den Arm bis zum Ellenbogen in das Wasser.
4. Wieviel Sauerstoff ist im Wasser?
   Diese Messung ist unter Anleitung der Lehrerin oder des Lehrers durchzuführen.

Nun werte die Beobachtungen wie folgt aus:

1. Auf dem Balken I wird der festgestellte Geruch, so genau es geht, markiert. Von der Markierung aus wird eine waagerechte Linie zu Balken 2 gezogen.
2. Auf dem Balken 2 wird die Färbung der Unterseite der Steine eingetragen. Genau in der Mitte zwischen dieser Markierung und dem Punkt, an dem die Linie von Balken I auftrifft, wird eine neue Linie zu Balken 3 gezogen.
3. Auf Balken 3 wird die gemessene Temperatur markiert.
   Wieder wird genau in der Mitte zwischen der Markierung und dem Treffpunkt der Linie von Balken 2 eine neue Linie zu Balken 4 gezogen.
4. Auf Balken 4 wird der gemessene Sauerstoffgehalt markiert.
   Wieder wird genau in der Mitte zwischen der Markierung und dem Treffpunkt der Linie von Balken 3 eine neue Linie zu Balken 5, dem Ergebnisbalken, gezogen.
5. An dem Punkt, an dem die Linie von Balken 4 auf Balken 5 trifft, kann nun die Gewässergüte abgelesen werden.

BALKEN 1 GERUCH	BALKEN 2 FÄRBUNG	BALKEN 3 TEMPERATUR	BALKEN 4 SAUERSTOFF-GEHALT	BALKEN 5 ERGEBNIS
frisch	keine	12	12	
		14		
erdig	deutliche Flecken	16	10	1
		18	8	
muffig	Hälfte schwarz	20		
		22	6	2
faulig	meist schwarz	24	4	
		26		
jauchig		28	2	3
frisch	ganz schwarz	30	1	
		°C	mg/l	

Ergebnis der Untersuchung der Lebensbedingungen

1 bedeutet: Das Wasser ist in Ordnung

2 bedeutet: Das Wasser ist belastet

3 bedeutet: Das Wasser ist stark verschmutzt

3.3 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BEWERTUNG DER WASSERQUALITÄT (KLASSE 7-10)

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Diese chemisch-physikalische Bewertung ist rechnerisch einfacher und verständlicher als die Bestimmung nach BACH (siehe 3.4), bei der mit der Analyse von Ammonium und Nitrit der Stickstoffkreislauf untersucht werden kann.

CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BEWERTUNG DER WASSERQUALITÄT

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Es werden zunächst 6 Größen gemessen und in der Tabelle notiert:

- Temperatur [°C],
- Sauerstoffgehalt [mg/l],
- Sauerstoffsättigung [%],
- Biochemischer Sauerstoffbedarf
- BSB_5 [mg/l],
- pH-Wert,
- Nitrat [mg/l],
- Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm].

Der gemessene Sauerstoffgehalt [mg/l] muss unter Berücksichtigung der Wassertemperatur und mit Hilfe der zweiten Tabelle in die Sauerstoffsättigung [%] umgerechnet werden.

Die Berechnung der Gewässergüte

erfolgt in zwei Schritten. Zunächst sind die gemessenen Werte in dimensionslose Zahlen, so genannte Indexwerte, umzurechnen. Dies geschieht mit Hilfe der Tabelle der „Indexe“. Im zweiten Schritt werden die Werte dann miteinander verrechnet. Hierzu musste geklärt sein, wie stark die einzelnen Parameter in die Wertung einfließen sollen. Die vereinbarte Gewichtung für diese Methode ist in der Tabelle wiedergegeben.

Die Indexwerte der 6 gemessenen Parameter werden mit den dazugehörigen Gewichtungen multipliziert. Die daraus entstehenden 6 Zahlen werden anschließend addiert. Daraus ergibt sich ein Wert zwischen 1 und 100. Mittels der „Skala der Gewässergüte“ kann dieser Wert der Güte des gemessenen Gewässers zugeordnet werden.

PARAMETER	MESSERGEBNIS	INDEX	WICHTUNG	INDEX X WICHTUNG
Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB_5 [mg/l]			0,20	
Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm]			0,10	
Nitrat [mg/l]			0,20	
pH-Wert			0,10	
Sauerstoffgehalt [mg/l]		—	—	—
Sauerstoffsättigung [%]			0,30	
Temperatur [°C]			0,10	
			Indexzahl durch Addition der einzelnen Zwischenergebnisse:	

Berechnung der Sauerstoffsättigung (O_2 in %):

$$S = \frac{c\,(O_2) \cdot 100}{C_S}$$

100%ige Sauerstoffsättigung (C_S in mg O_2/l) in Abhängigkeit von der Temperatur (t in °C):

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_S	14,64	14,23	13,83	13,45	13,09	12,75	12,42	12,11	11,81	11,53	11,25
t	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
C_S	10,99	10,75	19,51	10,28	10,06	9,85	9,64	9,45	9,26	9,08	8,90
t	22	23	24	25	26	27	28	29			
C_S	8,73	8,57	8,41	8,25	8,11	7,96	7,82	7,69			

CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BEWERTUNG DER WASSERQUALITÄT

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

für BSB_5 (O_2-Zehrung in mg/l)

O_2	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	15,0	>15
Index	100	99,5	98	95	90	84	76	68	61	54	48	42	37	28	20,5	14,5	10	4	3
Güte nach EU	1				2			3				4						5	

für elektrische Leitfähigkeit (in µS/cm)

µS/cm	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600
Index	72	85	91	95	97,5	99,5	100	99,5	98,5	97	95,5	93	91	85	77	70	63	56	50
Güte nach EU	1													2				3	

µS/cm	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2000	3000	4000	5000
Index	39	31	24	19	15	13	11	10	9	8	6	4	2
Güte nach EU	3	4				5							

für Nitrat (NO_3^- in mg/l)

NO_3^-	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	36	≥40
Index	100	94	88	82	76	70,5	64,5	58,5	52,5	46,5	40,5	35,5	30	26	23	20	15	10
Güte nach EU	1	2	3	4			5											

für pH-Wert

pH	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6
Index	1	2,5	7	13	22	34,5	56,5	78,5	83	87,5	92	96	98,5	99,5	100	100	99,5	98,5	96
Güte nach EU	5				4	3	2	1, in Moorbächen auch sauerer											

pH	7,7	7,8	7,9	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Index	92	87,5	83,5	78,5	55,5	33	18	10,5
Güte nach EU	1			2	3	4	5	

für Sauerstoffsättigung (O_2 in %)

O_2	≤5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Index	2	3	4,5	6	9	12	15	19	24	30	36	43	53	63	71	79	86	93	99
Güte nach EU	5												4		3		2		1

O_2	100	105	110	115	120	125	130
Index	100	100	97	95	90,5	87	83
Güte nach EU	2				3		

für Temperatur (t in °C)

t	<15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	>29
Index	100	99	97,5	95	90	79	67,5	56	45	33,5	22	15	9	5,5	3	1,5	1
Güte nach EU	1				2		3		4			5					

Skala zur Berechnung der Gewässergüteklasse

nach den 1976 von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und 2000 in der Wasserrahmenrichtlinie der EU festgelegten Klassifizierungen:

INDEXZAHL	**100 - 84**	**83 - 74**	**73 - 57**	**56 - 45**	**44 - 28**	**27 - 18**	**17-0**
nach LAWA	I	I - II	II	II - III	III	III - IV	IV
EU-Wasser-rahmenrichtlinie	1 (sehr gut)	2 (gut)		3 (mäßig)	4 (unbe-friedigend)	5 (schlecht)	

3.4 GÜTEBESTIMMUNG NACH BACH (KLASSE 10-13)

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Die Gütebestimmung nach BACH erreicht nicht nur einen hohen Standard, sondern ermöglicht darüber hinaus auch die Untersuchung eines Teiles des Stickstoffkreislaufs im Freien, wie unter 3.6 das Praxisbeispiel „Kirnitzschtal bei Bad Schandau“ zeigt.

PROTOKOLLFORMULAR ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BESTIMMUNG DER GEWÄSSERGÜTE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Bei der Methode nach BACH werden aus den gemessenen Daten Indexzahlen (s. folgende Tabellen „Indexe“) abgeleitet und mit dazugehörigen Gewichtungen potenziert; die derart berechneten Zahlen werden sodann multipliziert und ergeben Werte zwischen 1 und 100, die dann mittels der „Skala der zur Berechnung der Gewässergüte“ der jeweiligen Gewässergüte zugeordnet werden können. Zunächst ist der gemessene absolute Sauerstoffgehalt mit Hilfe der 3. Tabelle in die relative Sauerstoffsättigung umzurechnen. Die Indexzahlen stellen einen gleichmäßigen Maßstab für die sehr unterschiedlichen einzelnen Parameter her. Die Gewichtung erfolgt nach der empirisch ermittelten ökologischen Bedeutsamkeit der jeweiligen Parameter. Obgleich es nicht in die Auswertung eingeht, wird Nitrit gemessen.

Tabelle zur Erfassung der Messwerte und Berechnung der Indexe:

Parameter	Messergebnis	Index	Wichtung	Index hoch Wichtung
Ammonium [mg/l]			0,15	
BSB_5 [mg/l]			0,20	
Elektrische Leitfähigkeit [µS/cm]			0,07	
Nitrat [mg/l]			0,10	
Nitrit [mg/l]		—	—	—
pH-Wert			0,10	
Sauerstoffgehalt [mg/l]		—	—	—
Sauerstoffsättigung [%]			0,20	
Temperatur [°C]			0,08	
			Indexzahl nach BACH durch Multiplikation der einzelnen Zwischenergebnisse:	

Skala zur Berechnung der Gewässergüteklasse

nach den 1976 von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und 2000 in der Wasserrahmenrichtlinie der EU 2000 festgelegten Klassifizierungen:

INDEXZAHL	**100 - 84**	**83 - 74**	**73 - 57**	**56 - 45**	**44 - 28**	**27 - 18**	**17-0**
nach LAWA	I	I - II	II	II - III	III	III - IV	IV
EU-Wasser-rahmenrichtlinie	1 (sehr gut)	2 (gut)		3 (mäßig)	4 (unbefriedigend)	5 (schlecht)	

Berechnung der Sauerstoffsättigung (O_2 in %):

$$S = \frac{c\,(O_2) \cdot 100}{c_S}$$

100%ige Sauerstoffsättigung (C_S in mg O_2/l) in Abhängigkeit von der Temperatur (t in °C):

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_S	14,64	14,23	13,83	13,45	13,09	12,75	12,42	12,11	11,81	11,53	11,25
t	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
C_S	10,99	10,75	19,511	10,28	10,06	9,85	9,64	9,45	9,26	9,08	8,90
t	22	23	24	25	26	27	28	29			
C_S	8,73	8,57	8,41	8,25	8,11	7,96	7,82	7,69			

PROTOKOLLFORMULAR ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BESTIMMUNG DER GEWÄSSERGÜTE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

INDEXE

für Ammonium (NH_4^+ in mg/l)

NH_4^+	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	13,0
Index	100	84	60	49	40	35	31	28,5	26,5	24,5	23	20	18	15,5	12	10	6,5	4,5	3,5
Güte nach EU	1	2	3		4			5											

für BSB_5 (O_2-Zehrung in mg/l)

O_2	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	15,0	>15
Index	100	99,5	98	95	90	84	76	68	61	54	48	42	37	28	20,5	14,5	10	4	3
Güte nach EU	1				2			3				4						5	

für elektrische Leitfähigkeit (in µS/cm)

µS/cm	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	550	600
Index	72	85	91	95	97,5	99,5	100	99,5	98,5	97	95,5	93	91	85	77	70	63	56	50
Güte nach EU	1													2				3	

µS/cm	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	2000	3000	4000	5000
Index	39	31	24	19	15	13	11	10	9	8	6	4	2
Güte nach EU	3	4					5						

für Nitrat (NO_3^- in mg/l)

NO_3^-	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	36	≥40
Index	100	94	88	82	76	70,5	64,5	58,5	52,5	46,5	40,5	35,5	30	26	23	20	15	10
Güte nach EU	1	2	3		4						5							

für Nitrit (NO_2^- in mg/l)

NO_2^-	< 0,01	0,02-0,1	0,11-0,2	0,21-0,4	> 0,4
Güte nach EU	1	2	3	4	5

für pH-Wert

pH	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6
Index	1	2,5	7	13	22	34,5	56,5	78,5	83	87,5	92	96	98,5	99,5	100	100	99,5	98,5	96
Güte nach EU	5					4	3	2	1, in Moorbächen auch sauerer										

pH	7,7	7,8	7,9	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
Index	92	87,5	83,5	78,5	55,5	33	18	10,5
Güte nach EU	1		2	3	4	5		

für Phosphat (PO_4^{3-} in mg/l)

PO_4^{3-}	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0
Index	100	95	84	72	60	48	39	31,5	25	20	16	12,5	10	8	7	6	5,5	5	5
Güte nach EU	1	2	3		4						5								

PO_4^{3-}	2,5	3,0	4,0	5,0
Index	4	3	2	1
Güte nach EU	5			

PROTOKOLLFORMULAR ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BESTIMMUNG DER GEWÄSSERGÜTE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

für Sauerstoffsättigung (O_2 in %)

O_2	≤5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Index	2	3	4,5	6	9	12	15	19	24	30	36	43	53	63	71	79	86	93	99
Güte nach EU	5												4		3		2		1

O_2	100	105	110	115	120	125	130
Index	100	100	97	95	90,5	87	83
Güte nach EU	2				3		

für Temperatur (t in °C)

t	<15	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	>29
Index	100	99	97,5	95	90	79	67,5	56	45	33,5	22	15	9	5,5	3	1,5	1
Güte nach EU	1				2			3			4	5					

3.5 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE BESCHAFFUNG VON CHEMIKALIEN ZUR ERMITTLUNG DER CHEMISCHEN GEWÄSSERGÜTE

Am Anfang der Tabelle sind die für die Ermittlung der chemischen Gewässergüte nach Bach relevanten Belastungsbereiche angegeben, um zu erkennen, ob die entsprechenden Messbereiche für die Untersuchungen aussagekräftig sind.

Beachten Sie deshalb unbedingt den Messbereich der Testkitts im Vergleich zu den für die Wasseranalytik relevanten Messbereichen sowie die Anzahl der Messungen, die sie pro Kitt durchführen können. Die Preisunterschiede je durchgeführten Test können sehr erheblich sein! Der zunächst ungünstig erscheinende Kitt kann unter Berücksichtigung dieses Aspekts plötzlich erheblich günstiger sein!

Es existieren natürlich genauere Testverfahren auf dem Markt. Diese wurden in der vorliegenden Übersicht aber nicht berücksichtigt, da sie in der Regel Schuletats übersteigen. Z. T. erscheinen sie auf den ersten Blick preisgünstig, jedoch benötigt man z. B. teure Fotometer, um die Tests auswerten zu können. Deshalb wurde hier aus der Nanocolor-Serie auch nur der Rundküvettentest ausgewählt, da das Fotometer (PF-11; 800 Euro) gerade noch erschwinglich erscheint.

Im weiteren Bereich sind die Angebote verschiedener Hersteller zusammengefasst worden. Die Angaben beziehen sich auf die Herstellerangaben im Herbst 2000. Die angegebenen Preise sind „ca. Preise“ ohne Mehrwertsteuer. „Ca.“ deshalb, weil die Preise je nach Anbieter variieren. Ein Vergleich verschiedener Anbieter der Chemikalien kann einige Euro sparen helfen. Häufig sind die lokalen Laborhandel sogar etwas günstiger als die Hersteller selbst!

Zu beachten ist, dass einige Angebote komplette Sets sind, die in der Regel preisgünstig sind.

Das Naturschutzzentrum Ökowerk Berlin (www.umweltbildung-berlin.de/oekowerk.php) arbeitet aus folgenden Gründen mit dem Aquanal Ökotest Wasserlabor (enthält: NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, pH, Gesamthärte):

1. Die **Messbereiche** decken die relevanten Spektren ab, und dies in einem Bereich, der differenzierte Aussagen möglich macht.
2. Die **Handhabung** ist sehr einfach.
3. Das Aquanal Ökotest Wasserlabor ist sehr **preisgünstig**.
4. Es gibt noch **günstigere** Nachfüllpackungen.

Für die Bestimmung

- von gelöstem **Sauerstoff** verwenden wir das **Titrationstest-besteck von Visocolor**, weil dieses ebenfalls kostengünstig ist. Der Sauerstoff-Testkitt von Aquanal hat den entscheidenden Nachteil, dass die mitgelieferten Spritzen zum Aufziehen der Analysechemikalien leicht kaputt gehen! Wir raten deshalb vom Kauf dieses Kitts ab,
- der **Leitfähigkeit** benutzen wir das **Digitale Leitfähigkeits-messgerät - DIST 3 wasserdicht** (mit einem Messbereich von 0 - 1990 µs/cm) für ca. 47 Euro (ohne MwSt.),
- des **pH-Wertes** benutzen wir das **Digitale Taschen pH-Meter - - pH-plus wasserdicht** (mit einem Messbereich von pH, 0-14) für ca. 43 Euro (ohne MwSt.),
- der **Coli-Bakterien** im Wasser gibt es z. B. den **„Coli-Count-Tester“** für ca. 14 Euro (ohne MwSt.) u. a. bei Hedinger, (07 11) 40 20 50.

Wer neue oder von dieser Tabelle abweichende Informationen hat, möge sie uns bitte umgehend mitteilen:
oekowerk@umweltbildung-berlin.de.

Die Angaben erfolgen ohne Gewähr!

	Anzahl der möglichen Bestimmungen (ca.)	Erst-ausstattung ca. Preis ohne MwSt.	Nachfüll-packung ca. Preis ohne MwSt.	O_2 (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	pH	Gesamthärte
Für die Indexberechnung relevante Bereiche nach BACH				**0 - 130%**	**0,0 - 13**	**(0,03-0,3** resp **0,02-8)** hier nach LINK ET AL. resp. BARNDT/BOHN, bei BACH nicht berücksichtigt	**0-> 40**	**0-5**	**3-10**	
AQUANAL										
Aquanal Ökotest Wasserlabor R37557	50 - 60	50 Euro	38 Euro		0,05 - 10	0,02-1	0-80	0,0 - 6	5-9	1 Tropfen entspr. 1°d
Aquanal Sauerstoff-Test-Kitt	30	42 Euro	28 Euro	1 - 12						
AQUAMERCK										
Aquamerck -Kompaktlabor (Kompaktlabor enthält auch Test für Carbonathärte)	Sehr unterschied-lich! Vgl. Anga-ben bei Nachfüll-packungen!	214 Euro		0,1 - 10	0,2 - 5	0,025 – 0,5	10 - 150	0,25 - 3	4,5 - 9	0,2 - 20
Sauerstoff	100		75 Euro	0,1 - 10						
Ammonium	50		45 Euro		0,2 - 5					
Nitrit	150		39 Euro			0,025 - 0,5				
Nitrat	100		51 Euro				10 - 150			
Phosphat	100		30 Euro					0,25 - 3		
pH	200		36 Euro						4,5 - 9	
Gesamthärte	170		54 Euro							0,2 - 20

	Anzahl der möglichen Bestimmungen (ca.)	Erst-ausstattung ca. Preis ohne MwSt.	Nachfüll-packung ca. Preis ohne MwSt.	O_2 (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	pH	Gesamthärte
VISOCOLOR ECO										
Visocolor ECO (Analyse-koffer) Kompaktlabor enthält auch Test für Carbonathärte		145 Euro		nicht im Set, aber extra erhältlich	0,2 - 3	0,2 - 0,5	2 - 100	0,2 - 5	4 - 9	0 - 20 und höher
Visocolor ECO Testbestecke										
Sauerstoff	50	27 Euro	16 Euro	1 - 10						
Ammonium	50	27 Euro	16 Euro		0,2 - 3					
Nitrit	150	27 Euro	16 Euro			0,02 - 0,5				
Nitrat	120	27 Euro	14 Euro				4 - 120			
Phosphat	100	27 Euro	16 Euro					0,2 - 5		
pH	400	27 Euro	13 Euro						4 - 9	
Gesamthärte	100	16 Euro								1 Tropfen entspr. 1°d
AQUAQUANT (MERCK)										
Ammonium	100	61 Euro			0,05 - 0,8					
Nitrit	110	61 Euro				0,005 - 0,1				
Ammonium	250	61 Euro			0,2 - 8					
Nitrit	400	61 Euro				0,1 - 2				
Phosphat	200	61 Euro							0,015-0,14	
Phosphat	190	61 Euro							1 - 40	

	Anzahl der möglichen Bestimmungen (ca.)	Erst-ausstattung ca. Preis ohne MwSt.	Nachfüll-packung ca. Preis ohne MwSt.	O_2 (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	pH	Gesamthärte
MERKOQUANT - Teststäbchen										
Ammonium	100	36 Euro			10 - 400					
Nitrit	100	22 Euro				0,1 - 3				
Nitrit	100	22 Euro				2 - 80				
Nitrat	100	23 Euro					10 - 500			
Phosphat	100	32 Euro						10 - 500		
MICROQUANT (MERCK) auch für getrübtes Wasser!!!										
Ammonium	250	105 Euro	77 Euro		0,2 - 8					
Nitrit	400	105 Euro	92 Euro			0,1 - 10				
Phosphat	300	105 Euro	73 Euro					1,5 - 100		
Phosphat	200	105 Euro	73 Euro					0,2 - 3		
QUANTOFIX TESTSTÄB-CHEN (z. T. recht grobe Abstufungen)										
Ammonium	100	26 Euro			0 - 400					
Nitrit/Nitrat	100	16 Euro				0 - 80	0 - 500			
Nitrit 3000	100	15 Euro				0 - 3				
Phosphat	100	22 Euro						0 - 100		
Gesamthärte	100	15 Euro								3 - 25

	Anzahl der möglichen Bestimmungen (ca.)	Erst-ausstattung ca. Preis ohne MwSt.	Nachfüll-packung ca. Preis ohne MwSt.	O_2 (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	pH	Gesamthärte
Multistick für Aquarianer Gesamthärte, Carbonathärte, pH	100	22 Euro							6,4 - 8,4	3 - 25
Silber und pH	100	15 Euro							4 - 8	
VISOCOLOR alpha										
Ammonium	50	22 Euro			0,2 - 3					
Nitrit	200	14 Euro				0,05 - 1				
Nitrat	100	21 Euro					2 - 50			
Phosphat	70	21 Euro						2 - 20		
pH	200	16 Euro							5 - 9	
Gesamthärte	50	13 Euro								1 Tropfen entpr. 1°d
VISOCOLOR (Komparator-Testbestecke)										
Ammonium	100	50 Euro	16 Euro		0,2 - 10					
Nitrit	60	48 Euro	16 Euro			0,05 - 2				
Nitrat	100	40 Euro	13 Euro				1 - 50			
Phosphat	100	50 Euro	16 Euro					0.1 - 1,5		
pH	500	53 Euro	13 Euro						4 - 10	

	Anzahl der möglichen Bestimmungen (ca.)	Erst-ausstattung ca. Preis ohne MwSt.	Nachfüll-packung ca. Preis ohne MwSt.	O_2 (mg/l)	NH_4^+ (mg/l)	NO_2^- (mg/l)	NO_3^- (mg/l)	PO_4^{3-} (mg/l)	pH	Gesamthärte
VISOCOLOR (Titrations-Testbestecke)										
Sauerstoff	100	52 Euro	33 Euro	0,2 - 10						
Gesamthärte	200	27 Euro	15 Euro							0,5 - 20
VISOCOLOR HE (Hoch-empfindliche Kolorimetrie)										
Ammonium	110	60 Euro	34 Euro		0,02 - 0,5					
Nitrit	150	60 Euro	34 Euro			0,005 - 0,1				
Phosphat	300	60 Euro	34 Euro					0,05 - 1		
pH	500	60 Euro	34 Euro						4 - 10	
NANOCOLOR RUNDKÜVETTEN-TESTER (Fotometerauswertung obligatorisch!)										
Sauerstoff	22			0,5 - 12						
Ammonium	20	45 Euro			0,2 - 10					
Ammonium	20	45 Euro			0,2 - 50					
Nitrit	20	38 Euro				0,02 - 1,5				
Nitrat	20	50 Euro					2 - 100			
Phosphat	19	48 Euro						0,03 - 5		
pH	100	24 Euro							6,5 - 8,2	

3.6 PRAXISBEISPIEL: KIRNITZSCHTAL BEI BAD SCHANDAU

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER

Die Elbe-Camps in der Ostrauer Jugendherberge haben mittlerweile Tradition. Über mehrere Jahre (1998-2000) wurden Messwerte zur Qualität des Wassers im nahe gelegenen Bach, der Kirnitzsch, erfasst (Abb. 3.6.1). So konnte man entlang der Fließstrecke des Baches die Veränderungen der Wasserqualität beobachten. Im Laufe der Jahre wurde ersichtlich, wie sehr unsere Messwerte (Abb. 3.6.2) untereinander übereinstimmten. Wir nahmen dies mit einem lachenden und einem weinenden Auge zur Kenntnis: Die Konstanz der Messwerte zeigt die Güte unserer Messungen, sie zeigt aber auch, dass sich nur wenig oder nichts verändert oder gar verbessert hat.

Abb. 3.6.1: Deutsche und tschechische Schülerinnen und Schüler bei der Probenentnahme in der Kirnitzsch.

Abb. 3.6.2: Deutsche und tschechische Schülerinnen bei der Wasseranalyse.

Der Bach schlängelt sich durch ein äußerst romantisches und bewaldetes Tal der Sächsischen Schweiz und mündet in Bad Schandau in die Elbe (Abb. 3.6.3). Bei aller Beschaulichkeit mussten wir aber stets eine große Stickstofflast konstatieren und sahen gelegentlich Abwasserpilze. So stellte sich die Frage nach den Quellen dieser Belastungen.
Auf der Suche nach diesen verfolgten wir zwei kleine in die Kirnitzsch mündende Bäche, die „Goldgründel“ und den „Dorfbach“. Ferner gingen wir vom Wasser aufs Land, das heißt wir achteten nicht nur auf die Qualität des Wassers, sondern auch auf die Beschaffung und Nutzung der Böden im Einzugsgebiet der Bäche.

Abb. 3.6.3: Deutsche und tschechische Schülerinnen und Schüler bei der Probenentnahme an der Einmündung der Kirnitzsch in die Elbe.

Abb. 3.6.4: Rapsfeld bei Altendorf.

Goldgründel und Dorfbach

Die Lage der Bäche zueinander ist in der Skizze dargestellt. Beide münden in die Kirnitzsch. Im Oberlauf fließt der Dorfbach durch das kleine Altendorf, dessen kommunale Abwässer in den Bach eingeleitet werden. Zwischen den Oberläufen und oberhalb der Bäche ist ein großes Rapsfeld.

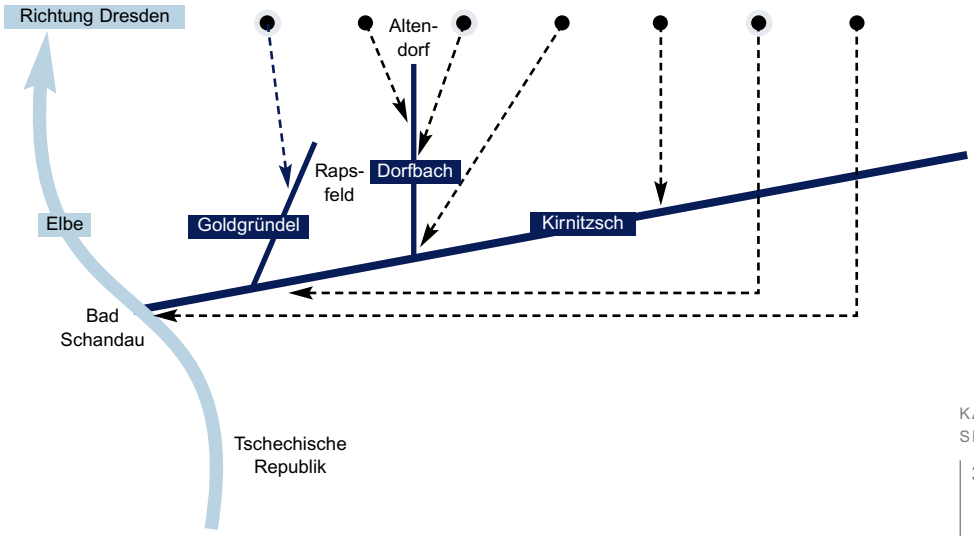
Die Gestalt der Gewässer

Ein kurzer Überblick zeigt, dass die Bäche auch im naturnahen Oberlauf, vom Menschen beeinflusst, nicht mehr ihrem natürlichen Lauf folgen. Das Ergebnis ist bei unterschiedlichen Methoden der Beobachtung und Auswertung (siehe die unterschiedlich anspruchsvollen Arbeitsbögen 3.2.1, 3.3.1 und 3.4.1) einheitlich kritisch. Über weite Strecken werden die Bäche in ihrem Lauf eingeschränkt. So fließen sie schneller ab. Hinzu kommt, dass die Sohlen der Bäche mit Steinschüttungen, Schwellen und Solabstürzen verbaut sind. Daher ist es nicht verwunderlich, wenn in diesem Tal auch nur äußerst kleinwüchsige Forellen leben.

Der Nährstoffgehalt

Im Unterlauf der Kirnitzsch werden zu viele Nährstoffe (Nitrat und Phosphat) verfrachtet, wie insbesondere die Messwerte an der Brücke bei Ostrau zeigen. Dort ist der Bach – ein Bach im Mittelgebirge unterhalb eines Nationalparks! – bezüglich der Nährstoffe mit der schlechtesten Gewässergüteklasse zu bewerten. Im weiteren Verlauf werden die Nährstoffe teilweise abgebaut. Wo kommen diese Nährstoffe aber überhaupt her, von der industrialisierten Landwirtschaft?

Gewässer	**Goldgründel**		**Dorfbach**			**Kirnitzsch**	
Ort		**Altendorf**	**Klamm**	**Mündung**	**Lichthain**	**Ostrau**	**Mündung**
pH	6,5	7,5 - 8	8	7,5 - 8	6,5	6,8	7
NH_4^+ in mg/l	0,35	10	10	0,2	0,1	1	0,1
NO_2^- in mg/l	0,02	0,1	1	0,02	0	0,5	0
NO_3^- in mg/l	0	0	5	10	0,5	12	5
PO_4^{3-} in mg/l	0,5	6	6	5,5	0,5	2	0,2
°dH	7	10	10	12	0		3 - 4
Chem. Index	1 - 2	3 - 4	4	3	1 - 2	3 - 4	1 - 2
Biol. Index	2,2	keine Tiere	1,5		1,2		1,7
Gewässermorphologie:							
Kurzfassung f. 4.-6. Kl.	1,5	2	2,3		1,3	2,7	
7.-10. Klassen	1	2,6	1,8		2	2,4	
11.-13. Klassen	1,2	1,8	2,5		1,8	2,1	
Langfassung	2	3,4	2		2,4		
Wasserqualität:							
Kurzfassung	2	4			1–2	2	
Farbe	gelb/trüb	grau	milchig			grau (Einl.)	
Geruch		ja	muffig			ja (Einl.)	
Einleiter		ja	oberhalb			ja	
Steinunterseiten		grau/schwarz					



Der Vergleich von Goldgründel und Dorfbach zeigt, dass in den Dorfbach um ein Vielfaches mehr Ammonium und Phosphat als in die Goldgründel eingeleitet wird. Aus dem beide Bäche beeinflussenden Rapsfeld können diese Nährstoffe folglich nicht kommen.
Des Rätsels Lösung offenbarte sich am Ortsausgang von Altendorf, wo die Einleitung kommunaler Abwässer beobachtet wurde. An dieser Stelle wurden weder Zooplankton noch größere Wassertiere gefunden.

Es sieht so aus, als ob die Abwässer aus den Siedlungen die entscheidende Belastung dieser Elbe-Zuflüsse darstellen; zumal auch an der Brücke bei Ostrau ungeklärte Einleitungen beobachtet wurden, deren Herkunft wir derzeit noch zu klären versuchen. Eingeleitet werden dort Phosphat und Ammonium. Doch wo bleibt Letzteres, von dem am Ende des Baches ja nur noch Spuren vorhanden sind?

Wo bleibt das Ammonium?

Entlang des Dorfbachs lässt sich mittels der chemischen Wasseranalyse der Verbleib des Ammoniums beobachten, das unter natürlichen Bedingungen nur in Spuren – < 0,03 mg/l – vorkommt. Am Bachanfang tritt es in hohen Konzentrationen auf, während es am Ende des Baches nur in einer sehr geringen Konzentration vorhanden ist. Umgekehrt war in Altendorf überhaupt kein Nitrat im Wasser enthalten, dessen Konzentration jedoch entlang des Baches zunahm. Das Ammonium wurde offenkundig von Mikroorganismen (Nitrosomonas und Nitrobacter) oxidiert.

Die Oxidation erfolgte über einen Zwischenschritt, die Bildung des weniger stark oxidierten Nitrits:

$$NH_4^+ \xrightarrow{\text{Oxidation}} NO_2^- \xrightarrow{\text{Oxidation}} NO_3^-$$

Dies zeigen die Messungen sehr schön: Am Bachanfang ist nur wenig Nitrit vorhanden, dessen Konzentration dann aber schnell zunimmt. Im Unterlauf nimmt diese wieder ab, schließlich liegt das giftige Nitrit nur noch in Spuren vor.

Sind damit die Bauern aus dem Schneider?

Geht man über die Rapsfelder, entdeckt man schnell die Herkunft der gelblichen Trübung der Goldgründel und die der milchigen des Dorfbachs in seinem mittleren Lauf. Der über den Feldern heruntergehende Regen kann nicht zurückgehalten werden und fließt den Hang hinab in die Bäche (Abb. 3.6.5). Der Boden liegt bloß da, schützende Streifen von Feldgehölzen, die mit ihren Wurzeln den Boden zurückhalten, gibt es nicht. Im Gegenteil, kleine Gräben lenken das Regenwasser in der Falllinie auf kürzestem Wege in die Bäche (Abb. 3.6.6). Die Folgen derartiger Bewirtschaftung werden am Feldrand ersichtlich, wo die abfließenden Wassermassen tiefe Rinnen erodiert haben. Mit dieser Bodenerosion gehen die wertvollsten Bestandteile der Ackerkrume verloren, was dann mittels chemisch-synthetischer Dünger ausgeglichen wird und dann wieder zu neuen Belastungen der Gewässer durch den Eintrag von Nährstoffen führt. Schließlich landet der Sand in der Kirnitzsch und verschüttet dort die Kinderstube der Forellen (Abb. 3.6.7).

Abb. 3.6.5: Wasserabfluss und Bodenerosion am Hang eines Rapsfeldes.

Abb. 3.6.6 (links): Wasserableitung auf dem Feld in der Falllinie.

Abb. 3.6.7 (oben): Mit Sand verschüttetes Kiesbett in der Kirnitzsch.

Abb. 3.6.8: Schülerin und Schüler bei der Wasseranalyse.

Schluss

Dieser kleine Bericht soll zeigen, wie mit derart einfachen Methoden eine ganze Reihe von Unterrichtsinhalten: Stickstoffkreislauf, nachhaltige Landwirtschaft und Gewässerschutz experimentell (Abb. 3.6.8) behandelt werden können.

KAPITEL 4 – LEBENSGEMEINSCHAFT – BIOLOGISCHE BEWERTUNG

4.1 SACHINFORMATION

JOHANN-WOLFGANG LANDSBERG-BECHER und KLAUS PRANKEL

In kaum einem Lebensraum tummeln sich derart viele Lobbyisten wie im Wasser: Angler, Terrarianer, Entomologen, Botaniker usw..
Dies hat seinen Grund in der Vielgestaltigkeit der Gewässer und ihrer Unterteilung in die unterschiedlichsten Kleinstlebensräume. Für all diese Kleinstlebensräume gibt es spezifische Pflanzen- und Tierarten. Unter den Pflanzen und Tieren gibt es Universalisten, die allenthalben leben können, und Spezialisten, die charakteristisch für spezielle Umweltbedingungen sind. Unter den letzteren findet man Arten, deren Auftreten resp. Fehlen sehr genau den Zustand der Umwelt anzeigt; sie werden Bioindikatoren genannt. Berühmt sind die Flechten für die Indikation von Luftschadstoffen, Tabak und Klee für die von bodennahem Ozon. Für die Gewässer sind es eine ganze Reihe von Arten, mit deren Hilfe die Gewässergüte biologisch bestimmt werden kann; diese gehören den unterschiedlichsten Gruppen an, z. B. Wasserpflanzen, Plankton, Gliederfüßler.

Vor 100 Jahren wurden diese von KOLKWITZ und MARSSON* *als Indikatoren für den Zustand der Gewässer erkannt und in unterschiedlichen Verfahren seither dafür genutzt. Derartige Ökosysteme sind recht komplex, und dennoch ist die Analyse der Lebensgemeinschaften nicht allzu schwer. So werden für unterschiedliche Klassenstufen spezifische Verfahren vorgestellt.*

Die biologische Bewertung der Wasserbeschaffenheit eines Fließgewässers, der Gewässergüte, erfolgt aufgrund der Zusammensetzung der für bestimmte Lebensräume typischen Arten. Derartige Indikatorarten, meist Bioindikatoren genannt, sind Arten, mit deren Hilfe Umweltfaktoren und ggf. Faktorenkombinationen erkannt oder gar mengenmäßig erfasst werden können.

Grundsätzlich gelten THIENEMANNS biozönotische Grundprinzipien:

- Je variabler die Lebensbedingungen einer Lebensstätte, desto größer ist die Artenzahl der zugehörigen Lebensgemeinschaft,
- je mehr sich die Lebensbedingungen eines Biotops vom Normalen, dem für die meisten Organismen Optimalen, entfernen, desto artenärmer wird die Lebensgemeinschaft
- und je charakteristischer die Lebensgemeinschaft wird, in desto größerem Individuenreichtum treten die einzelnen Arten auf.

Für die biologische Gütebestimmung einer Lebensgemeinschaft kommen insbesondere Arten in Frage, die an ganz spezielle Lebensräume angepasst sind, stenöke Arten. Sie haben gegenüber Umweltfaktoren eine geringe Reaktionsbreite, z. B. vertragen sie keine starken Schwankungen des Sauerstoff- oder Nährstoffgehalts eines Gewässers. Sie sind deshalb typisch für einen bestimmten Gewässertyp und erfüllen damit die Aufgaben eines Indikators. Organismen mit einer sehr

KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1902): Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitteilungen der Kaiserlichen Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitung. Berlin-Dahlem. Bd. 1, S. 33-72

geringen Reaktionsbreite haben somit ein großes Indikationsgewicht. Indikatoren, die bestimmte ökologische Bedingungen anzeigen, werden positiv genannt, während die negativen das Fehlen von notwendigen oder die Anwesenheit von schädlichen Stoffen anzeigen.

Für die Bioindikation von Fließgewässern gibt es sechs in der Schule verwendbare Verfahren:

1. Grundlagen allen Lebens sind die Aktivitäten der Produzenten, die unter Nutzung der Sonnenergie aus anorganischen Verbindungen organische herstellen. Diese Algen, Moose und höheren Wasserpflanzen bilden die Grundlage der Nahrungsbeziehungen der Konsumenten, Pflanzenfresser sowie Räuber und Destruenten (Abfallverwerter). So liegt es nahe, mittels der Artenzusammensetzung der Pflanzen den Zustand eines Fließgewässers zu bestimmen.

2. Die Gütebestimmung mittels des Planktons erfolgt bisher selten, sie ist zudem deutlich schwieriger als die anderen Verfahren. Für den Aufwand wird man jedoch mit einem Einblick in ganz andere Lebensformen reichlich entschädigt.

3. Eine Reihe kleiner wirbelloser am oder im Gewässergrund lebender Tiere, Makrozoobenthos, sind für bestimmte Gewässertypen charakteristisch. Derartige Organismen werden Indikatorarten, Zeigerorganismen, genannt. Mit ihrer Hilfe können Lebensräume gut eingeschätzt werden. Mittels dieser wirbellosen Tiere wird die Gewässergüte von Fließgewässern bestimmt und als Maß der Güte der Saprobienindex quantitativ berechnet.

4. Eine auf dem gleichen Prinzip beruhende einfachere Methode ist die semiquantitative Methode der Bestimmung mit Kleintieren als Zeigerorganismen nach Wassmann & Xylander.

5. Schließlich ist eine grobe qualitative Schätzung möglich, indem die Anzahl der Arten festgestellt und, wenn möglich, noch die Zeigerorganismen berücksichtigt werden.

6. Für diejenigen, die sich mit den Fischen beschäftigen wollen, sei auf den Bericht von Frenz im Kapitel 4.8 verwiesen, der mit seinen Schülern Fische beobachtete.

Planktonuntersuchung *

Der Begriff „Plankton“ (griechisch: das Umhertreibende, Schwebende) bezeichnet die Lebensgemeinschaft der im freien Wasser lebenden Organismen, deren Schwimmfähigkeit nicht ausreicht, um sich selbstständig gegen die Wasserströmungen zu bewegen. Die Grenze zu den schwimmenden Organismen („Nekton“), wie z. B. den Fischen, ist jedoch fließend, denn ein Großteil der Planktonorganismen (Plankter) ist durchaus in der Lage, aktiv zu schwimmen, und umgekehrt können bei starken Strömungen natürlich auch Fische einen „umhertreibenden Zustand“ erlangen.

Sowohl die Meere als auch die Seen, Teiche, Flüsse und Bäche enthalten Planktonorganismen. Die Einteilung des Planktons erfolgt vorwiegend nach der Ernährungsweise bzw. der systematischen Stellung der Plankter. So unterscheidet man das pflanzliche („Phyto-“) Plankton, d. h. die Fotosynthese betreibenden und dabei organische Substanz und Sauerstoff produzierenden („autotrophen“) Organismen, vom tierischen („Zoo-“) Plankton, welches sich von anderen Organismen („heterotroph“) ernährt. Während das Phytoplankton vorwiegend aus Algen besteht, werden im Zooplankton zahlreiche Tiergruppen angetroffen. Manche von ihnen, zum Beispiel die Ruderfußkrebse, halten sich Zeit ihres Lebens im Plankton auf („Holoplankton“), während andere nur in bestimmten Lebensabschnitten planktisch leben („Meroplankton“), so z. B. viele höhere Krebse, Muscheln und Schnecken. Ihre Larven halten sich so lange im Plankton auf, bis ihre Entwicklung nahezu abgeschlossen ist und sie zum Bodenleben („Benthon“) übergehen können.

Die planktische Lebensform innerhalb der Larvalentwicklung ermöglicht den Tieren eine weite Verbreitung. Manchmal werden auch bodenlebende Organismen durch starke Strömung in die Wassersäule verwirbelt. Man bezeichnet sie dann als „Zufallsplankton“ („Tychoplankton“). Zusätzlich werden die Planktonorganismen häufig nach ihrer Größe eingeteilt (Tab. 4.1.1).

Größenklasse	Größe	Phytoplankton	Zooplankton
Picoplankton	0,2 - 2 µm	Einzeller	Einzeller
Nanoplankton	2 - 20 µm	Blaualgen, pflanzl. Geißeltiere, kleine Kieselalgen, viele Grünalgen	einige Wimpertiere tier. Geißeltiere,
Mikroplankton	20 - 200 µm	viele Kieselalgen, einige Grünalgen, viele Panzeralgen	viele Wimpertiere, viele Rädertiere, Larven niederer Krebse
Mesoplankton	200 - 2000 µm	einige Panzeralgen, Kolonien	Ruderfußkrebse, Wasserflöhe, einige Rädertiere
Makroplankton	2000 µm - 2 cm	–	Schwebgarnelen, Fischlarven, Larven höherer Krebse
Megaplankton	> 2 cm	–	Fischlarven, Quallen

*Tab 4.1.1: Einteilung des Planktons nach Größenklassen (*SOMMER, *1994, mod.)*

** BRITTA KÖPCKE*

Die Organismengruppen innerhalb des Planktons

I. Phytoplankton

Zum Phytoplankton werden auch die Blaualgen (Cyanophyceae) gezählt, welche eigentlich keine Algen sind, sondern Prokaryonten. Wie die Bakterien besitzen nämlich auch sie keinen echten Zellkern. Die Systematiker ordnen sie daher den Bakterien zu und nennen sie „Cyaonobakterien". Diese kleinen Einzeller leben einzeln oder in Kolonien und können dem Wasser eine blaugrüne Farbe verleihen (z. B. Anabaena). In nährstoffreichen Gewässern kommt es vor allem im Frühjahr/Sommer häufig zu Massenentwicklungen von Blaualgen. Man spricht auch von „Blaualgenblüten", obwohl dieser Begriff irreführend ist, denn Algen (und erst recht Bakterien) sind nicht mit Blütenpflanzen zu verwechseln - und nur diese können blühen!

Unter den eigentlichen Algen innerhalb des Planktons unterscheidet man

- **Goldalgen (Crysophyceae)**
  Goldgelb bis braun, begeißelt; z. B. *Ochromonas*
- **Xanthophyceae**
  Grün bis gelbgrün, selten begeißelt; z. B. *Tribonema*
- **Kieselalgen (Diatomeae, Bacillariophyceae)**
  Braun oder farblos, ohne Geißeln; z. B. *Nitzschia, Asterionella*
- **Dinophyceae (Dinoflagellaten, Panzerflagellaten)**
  Meist braun, begeißelt; z. B. *Peridinium, Ceratium*
- **Euglenophyceae**
  Grünlich, begeißelt; z. B. *Euglena*
- **Grünalgen (Chlorophyceae)**
  Grün, selten rot oder gelb, teils mit begeißelten Zellen; z. B. *Chlamydomonas, Volvox*

II. Zooplankton

Zu den Protozoen (Einzellern) des Zooplanktons zählen Wurzelfüßer, Wimpertiere und Flagellaten. Da Letztere sich jedoch nicht nur heterotroph, sondern auch autotroph ernähren, werden sie dem Phytoplankton zugeordnet („Phytoflagellaten": Dinophyceae, Euglenophyceae). „Reine Zooflagellaten", die also keine Fotosynthese betreiben, leben ausschließlich parasitisch und sind im Plankton nicht zu finden.

Wurzelfüßer (Rhizopoda)

Können „Scheinfüßchen", sogenannte „Pseudopodien", als Bewegungs- und Beutefangextremitäten ausbilden; z. B. *Amoeba.*

Wimpertiere (Ciliata)

Bewimpert, z. B. *Paramecium* („Pantoffeltierchen")
Die Metazoen des Zooplanktons enthalten vorwiegend Rädertiere und Kleinkrebse (Blattfußkrebse und Ruderfußkrebse). Daneben zählen aber auch Larven von am oder im Gewässerboden lebenden (benthischen) Organismen und Fischen sowie Quallen zum Zooplankton. In den Planktonproben findet man außerdem viele

andere Tiergruppen, die ihren „Hauptwohnsitz“ am Boden oder zwischen den Uferpflanzen haben: Muschelkrebse (Ostracoda), Fadenwürmer (Nematoda), Bärtierchen (Tardigrada), Strudelwürmer (Turbellaria) und bodenlebende Ruderfußkrebse (Harpacticoida).

Rädertiere (Rotatoria)

Mit Wimpernkränzen, z. B. *Brachionus, Keratella*

Blattfußkrebse (Cladocera, Wasserflöhe)

z. B. *Daphnia* („Gemeiner Wasserfloh“), *Bosmina*

Ruderfußkrebse (Copepoda)

z. B. *Cyclops, Eurytemora*

In den Abbildungen 4.1.1 - 4.1.7 auf den folgenden Seiten sind einige typische Vertreter des Phyto- und des Zooplanktons dargestellt. Die meisten Fotos entstammen der Arbeit einer Schülergruppe des Gymnasiums Wolfen-Stadt und wurden uns freundlicherweise zur Veröffentlichung überlassen.

Die Abbildungen zeigen Vertreter häufig in den Planktonproben zu findender Organismen (nicht maßstabsgetreu!) verschiedener systematischer Gruppen.

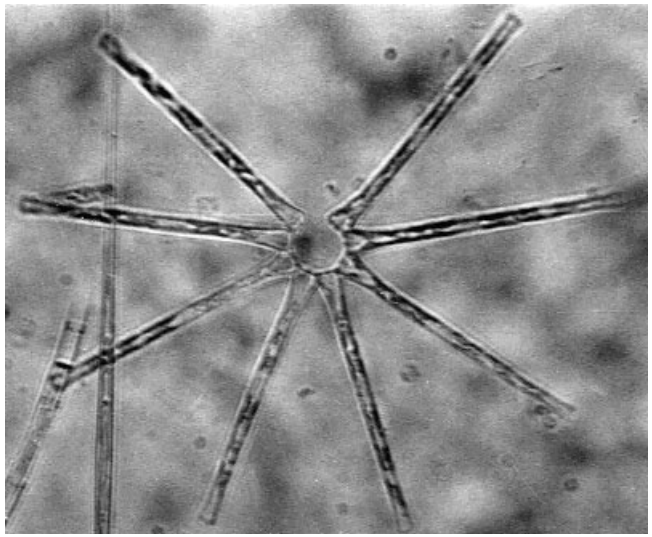


Abb. 4.1.1: Die Kieselalge Asterionella formosa *(Schwebesternchen) tritt häufig in sehr großer Anzahl auf.*

(Foto Gymnasium Wolfen-Stadt)

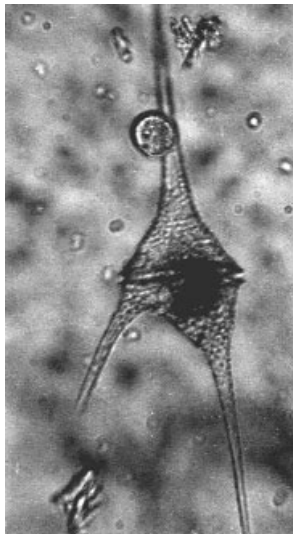


Abb. 4.1.2: Auch der Dinoflagellat Ceratium hirundinella *(Hornalge) kann „Algenblüten“ auslösen. Seine Form ändert sich im Jahresverlauf. Mit seinen durch die Panzerporen austretenden Plasmafäden kann er kleine Organismen fangen.*

(Foto Gymnasium Wolfen-Stadt)

Abb. 4.1.3: Das bekannte „Augentier“, Euglena *spec., kommt in zahlreichen Arten vor. Seine Zellen sind spindel- bis bandförmig und tragen meist einen gut sichtbaren Augenfleck. (Foto Gymnasium Wolfen-Stadt)*

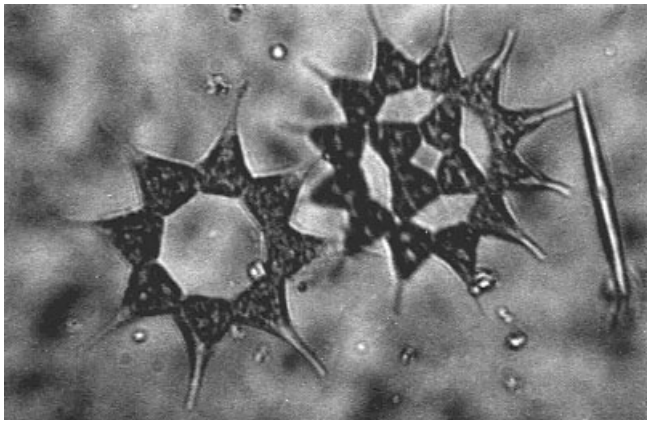


Abb. 4.1.4: Pediastrum clathratum *(Gitterstern) ist eine rädchenförmige Grünalge mit nahezu dreieckigen Randzellen. Die Mittelzellen weisen breite Lücken auf. (Foto Gymnasium Wolfen-Stadt)*

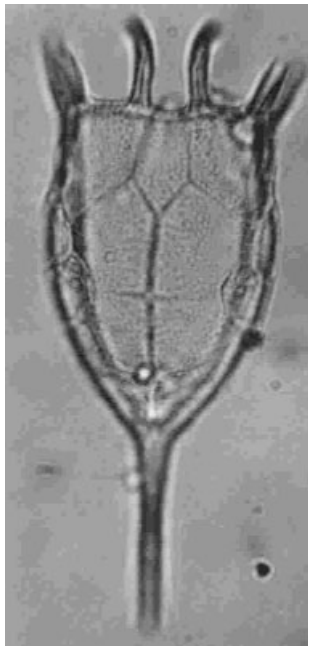


Abb. 4.1.5: Keratella cochlearis *ist ein weit verbreitetes Rädertier (Rotatoria). (Foto Gymnasium Wolfen-Stadt)*

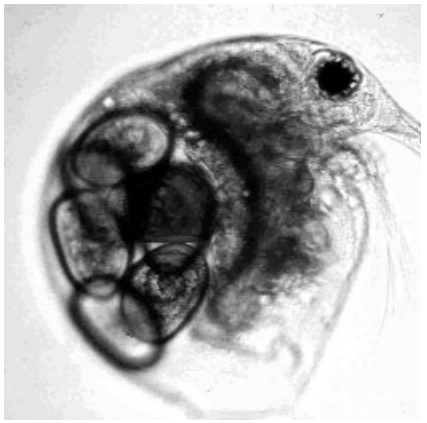


Abb. 4.1.6: Bosmina longirostris *ist neben dem bekannten „Wasserfloh“* Daphnia spec. *der häufigste Blattfußkrebs (Cladocera) unserer Gewässer. (Foto* Dr. Britta Köpcke*)*

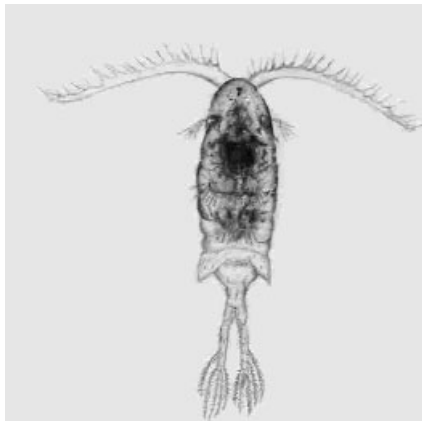


Abb. 4.1.7: Eurytemora affinis*, ein Ruderfußkrebs (Copepoda), kommt ausschließlich stromabwärts der Staustufe bei Geesthacht vor. Unterhalb Hamburgs tritt die Art besonders im Frühjahr und Herbst massenhaft auf und bildet die Nahrungsgrundlage vieler Jungfische. Dieser Ruderfußkrebs verträgt Salzgehalte von etwa 0 bis 33 Promille und ist daher bis in die Nordsee bei Helgoland anzutreffen! (Zeichnung*© Dr. Britta Köpcke)

Das Schweben und der Fraßschutz

Die Phytoplankter sind vor allem zwei Gefahren ausgesetzt:

1. vom Zooplankton gefressen zu werden und
2. in tiefere Wasserschichten abzusinken, wo die Intensität des Sonnenlichtes für ihr Überleben zu gering ist.

Planktonalgen verfügen daher häufig über Fortsätze, die sich in den Mundwerkzeugen der Zooplankter verspießen (z. B. *Scenedesmus* oder *Ceratium*), und/oder über ein verringertes spezifisches Gewicht, z. B. durch eingelagerte Gallerten, wie *Chroococcus* oder *Volvox*. Sogenannte „Schwärmer“ besitzen wiederum Geißeln und können somit aus eigener Kraft gegen das Absinken ankämpfen, z. B. *Chlamydomonas, Euglena* und *Phacus*.

Die Zooplankter verfügen z. B. über verlängerte erste Antennen und Ruderfüße (Ruderfußkrebse), Ruderborsten an den zweiten Antennen (Blattfußkrebse, Muschelkrebse) oder Räderorgane (Rädertiere), welche ihnen eine gerichtete Fortbewegung bzw. das Schweben im Wasser ermöglichen. Auch sie schützen sich durch Borsten, Stacheln oder spitze Körperteile vor Fressfeinden. So bildet der bekannte Wasserfloh (*Daphnia*) ausschließlich im Sommer eine helmartige Verlängerung der Kopfregion aus („Sommerform“).

Die Bedeutung des Planktons innerhalb des Nahrungsnetzes

Die Phytoplankter sind die „Primärproduzenten“ unserer Gewässer und bilden somit die Grundlage für alle anderen dort ablaufenden Lebensprozesse. Mit Hilfe des Lichtes produzieren sie aus Kohlenstoffdioxid und mineralischen Nährstoffen Sauerstoff und pflanzliche Biomasse, die von den „Primärkonsumenten“ (Zooplanktern) aufgenommen werden kann. Die „Sekundärkonsumenten“ (z. B. Fische) ernähren sich vom Zooplankton und werden ihrerseits von „Tertiärkonsumenten“, wie z. B. den Raubfischen oder auch uns Menschen, als Nahrung aufgenommen.

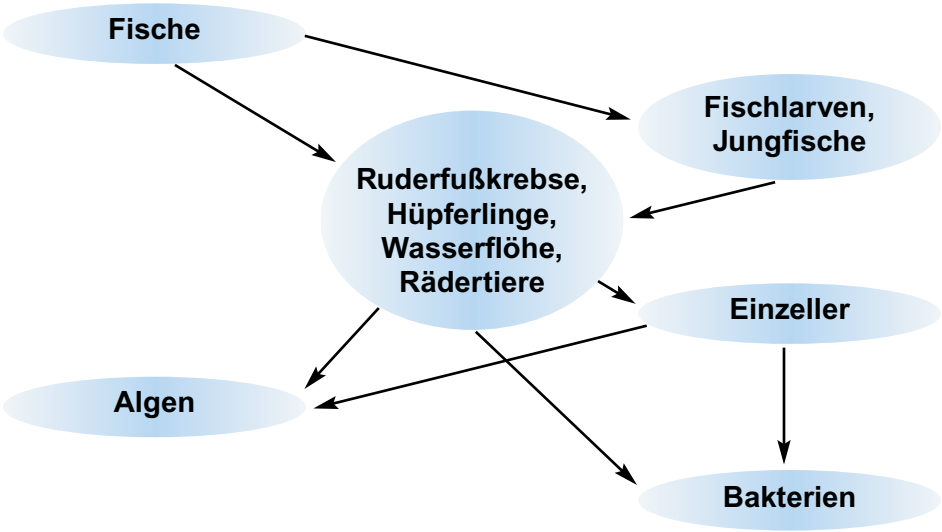


Abb. 4.1.8: Vereinfachte Darstellung des Nahrungsnetzes im Freiwasser (Pelagial)

Die Entwicklung der Planktongemeinschaft im Jahresverlauf

Begrenzende Faktoren für die Fotosynthese und damit auch für das Wachstum des Phytoplanktons sind das Licht, die Temperatur sowie das Nährstoffangebot. Im Winter und in nährstoffarmen Gewässern zu allen Jahreszeiten findet man daher nur wenige Algen und als Folge auch nur wenige Zooplankter, da diesen nun die Nahrungsgrundlage fehlt. Ansteigende Lichtintensitäten bewirken im Frühjahr ein starkes Algenwachstum im Gewässer, sofern genügend Nährstoffe vorhanden sind. Das Phytoplankton ist häufig durch Kieselalgen geprägt, erst am Ende des Frühjahres treten vermehrt Grünalgen und Blaualgen auf. Wenig später können auch die höchsten Zooplanktondichten beobachtet werden. In stehenden Gewässern bewirkt der Fraßdruck des Zooplanktons schließlich sogar einen Zusammenbruch der Phytoplanktonpopulationen, so dass ein sogenanntes „Klarwasserstadium“ im Sommer auftritt. Das Wasser ist dann so „klar“, dass die Sichttiefe zahlreiche Meter betragen kann. Am Ende des Sommers, wenn die Zooplanktonorganismen (vor allem durch den Fraßdruck der Fische) dezimiert sind und aufgrund von Zirkulationen des Wassers vermehrt Nährstoffe aus den tieferen Bereichen des Gewässers freigesetzt werden, kommt es zu einem erneuten Anstieg der Phytoplanktonbiomasse. Die freigesetzten Nährstoffe dienen nun also wiederum als „Dünger“ für das Phytoplankton.

Diese idealtypische Entwicklung des Planktons variiert natürlich deutlich innerhalb verschiedener Gewässer sowie von Jahr zu Jahr, denn sie steht unter dem Einfluss vieler weiterer Faktoren (Temperatur, Räubermenge, Beschattung, Strömung u. a.). So ist z. B. das Phytoplankton in der Unterelbe selbst im Sommer lichtlimitiert, da die hohen Schwebstoffgehalte eine Absorption der Sonnenstrahlung bewirken und somit die Fotosyntheseleistung hemmen.

Um festzustellen, welche Masse an Plankton der jeweils höheren Stufe in der Nahrungspyramide zur Verfügung steht, ermitteln die Ökologen die „Biomasse“. Wenn auch derartige Biomassebestimmungen im Schulunterricht nicht geleistet werden können, ist es dennoch interessant, bei den zuständigen Behörden nach bereits erhobenen Daten zu fragen.

Für die Biomassebestimmung des Phytoplanktons wird der Chlorophyll-a-Gehalt des Gewässers (in µg pro Milliliter) herangezogen.

Die Abbildung 4.1.9 zeigt exemplarisch die Chlorophyll-a -Gehalte in der Elbe im Längsverlauf von der Quelle bis zur Mündung. Die Algenbiomasse im Mittellauf der Elbe überschritt im Frühjahr 1994 sogar das in eutrophen stehenden Gewässern übliche Niveau (IKSE 1997).

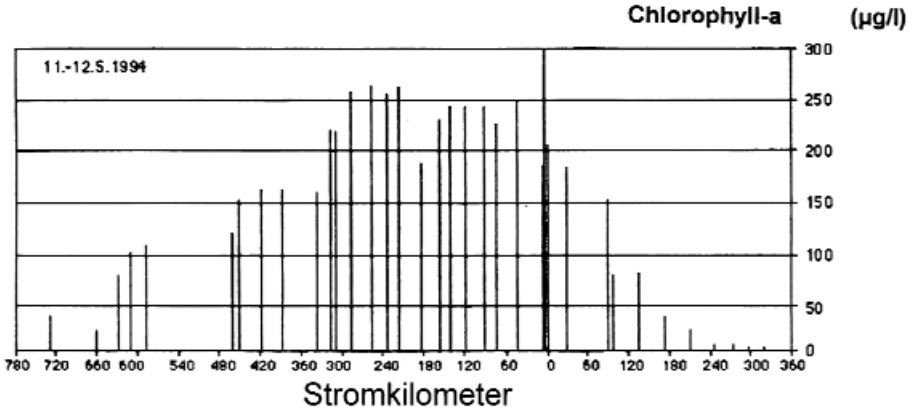


Abb. 4.1.9: Chlorophyll a-Gehalte im Längsverlauf der Elbe im Mai 1994

(aus: IKSE (1997); die Fließrichtung ist von rechts (Elbquelle) nach links (Mündung in die Nordsee) angegeben; bei „0“ liegt die deutsch-tschechische Grenze)

Eutrophierung

Unter dem Begriff Eutrophierung versteht man die Zunahme des Trophiegrades eines Gewässers. Der „Trophiegrad“ beschreibt wiederum die Intensität der Produktion organischen Materials in Gewässern. In eutrophen Gewässern findet somit eine hohe Produktion organischen Materials statt. Die Eutrophierung kann auf natürlichem Wege über einen langen Zeitraum ablaufen, z. B. durch Verringerung des Wasservolumens bei Verlandungsprozessen. Meist handelt es sich dabei jedoch um eine drastische Störung des Ökosystems als Folge einer hohen Nährstoffzufuhr (vor allem Phosphor und Stickstoff), z. B. aus Abwässern oder Düngemitteln aus der Landwirtschaft.

In derartig stark nährstoffbelasteten Gewässern treten im Frühjahr und Sommer Massenentwicklungen des Phytoplanktons, so genannte „Algenblüten“ (s. o.), auf.

Die Folgen für das Gewässer können verheerend sein, denn

- meist bilden die Algenmassen regelrechte „Teppiche“ an der Wasseroberfläche, so dass nur die oberste Wasserschicht mit ausreichendem Licht versorgt wird - und somit auch nur hier eine Sauerstoffproduktion stattfindet. Besonders ausgeprägt tritt dieses Phänomen bei stehenden oder sehr langsam fließenden Gewässern auf. Die sich darunter befindenden Algen sterben ab und sinken zu Boden. Dort bildet sich Faulschlamm mit Sauerstoff zehrenden Bakterien. Es entsteht schließlich eine sauerstofffreie Zone, in der nur noch anaerobe Bakterien existieren können. Die nun folgende Freisetzung von Schwefelwasserstoff und Ammoniak bewirkt ein Massenfischsterben.
- einige Blaualgenarten erzeugen Allergien oder sind toxisch. Daher können auch Blaualgenblüten zu einem Fischsterben führen.

Das Saprobiensystem

Die Beziehungen zwischen Organismengesellschaften und Gewässerverunreinigungen haben Kolkwitz und Marsson in der Kaiserlichen Prüfanstalt für Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung zur Aufstellung eines umfangreichen Saprobiensystems veranlasst, das heute noch gilt. Das Saprobiensystem ist eine Zusammenstellung von Bioindikatoren in Abhängigkeit vom Belastungsgrad des Gewässers. Jede Indikatorart erhält dabei einen Index (s. Abschnitt 4.7 Gütebestimmung mittels des Saprobienindex), der eine Aussage über den Grad der Belastung eines Fließgewässers mit fäulnisfähigen Stoffen ermöglicht, in dem diese Art bevorzugt lebt.

Bisher wurden für die Güteklassifizierung eines Gewässers vier Klassen (I, II, III, IV) und drei Zwischenklassen (I-II, II-III, III-IV) verwendet. „Gewässergütekarten” symbolisieren die Güteklassen durch eine 1976 von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) bestimmte Farbe.

Den Güteklassen der LAWA sind in der folgenden Tabelle die neuen Bewertungen des ökologischen Zustandes vorangestellt, wie sie in der Wasserrahmenrichtlinie der EU 2000 festgelegt wurden. Als Qualitätsziel wurde die Gewässergüteklasse II vorgeschrieben, die im Vergleich zu einem mit I bewerteten vorbildlichen, dem Naturzustand sehr nahe kommenden Referenzgewässer (Vergleichsgewässer) zu messen ist.

GÜTEGLIEDERUNG DER FLIESSGEWÄSSER / SEITE 1

EU-Wasserrahmen-richtlinie	Güteklasse und Farbgebung nach LAWA	Organische Belastung	Saprobienstufe Saprobienindex	Kennzeichnung	Leitorganismen (Auswahl)
1 / Sehr gut (blau)	I (blau)	unbelastet bis sehr gering belastet	oligosaprob 1,0 - 1,4	Wasser kaum verunreinigt; vollendete Oxidation, Mineralisation; Wasser klar und O_2-reich; viele Insektenlarven	Bakterien: < 100 pro ml Wasser. Blaualgen, Kieselalgen (*Asterionella formosa*), Grünalgen, Rotalgen; Rädertiere; Strudelwürmer (*Crenobia alpina*); Flussperl-muschel (*Margaritifera margaritifera)*; Wasserfloh *(Holopedium gibberum)*; Insektenlarven *(Perla marginata);*
2 / Gut (grün)	I - II (hellblau)	gering belastet	oligosaprob bis ß-mesosaprob 1,5 - < 1,8		stark O_2-bedürftige Fische: Forellen
	II (grün)	mäßig belastet	ß-mesosaprob 1,8 - 2,2	Wasser mäßig verunreinigt; Prozess der fortschreitenden Oxidation bzw. Mineralisation; O_2-Zehrung gering;	Bakterien: weit unter 1.000.000 pro ml Wasser Blaualgen, Kieselalgen, Gelbalgen (*Synurau-vella*), Protozoen; Schnecken *(Ancylus fluviati-*
3 / Mäßig (gelb)	II - III (hellgrün)	kritisch belastet	ß-mesosaprob bis ∝-mesosaprob 2,3 - 2,6	große Mannigfaltigkeit der Pflanzen und Tiere	*lis)*; Insektenlarven *(Cloeon dipterum, Hydro-psyche lepida)*; Fische in großer Artenvielfalt

GÜTEGLIEDERUNG DER FLIESSGEWÄSSER / SEITE 2

EU-Wasserrahmen-richtlinien	**Güteklasse und Farbgebung nach LAWA**	**Organische Belastung**	**Saprobienstufe Saprobienindex**	**Kennzeichnung**	**Leitorganismen (Auswahl)**
4 / Unbefriedigend (orange)	III (gelb)	stark verschmutzt	α-mesosaprob 2,7 - 3,1	Wasser stark verunreinigt; starke Oxidationsprozesse; Vorherrschen von b. Abbau entstehenden Aminosäuren; O_2-Gehalt höher (vor allem bei Tage), nachts Abnahme; Mehrzahl der Pflanzen	Bakterien: weniger als 1.000.000 pro ml Wasser, Blaualgen *(Oscilcium auclatum, Spirostomaambiguum)*; Rollegel (*Erpobdella octoculata)*; Kugelmuschel (*Sphaerium corneum)*, Waffenfliegenlarve
5 / Schlecht (rot)	III - IV (orange)	sehr stark verschmutzt	α-mesosaprob bis polysaprob 3,2 - < 3,5	und Tiere noch Mikroorganismen, aber auch Muscheln, Krebse, Insektenlarven und Fische	(*Stratiomyschamaeleon)*; Schleie, Karpfen, Aal
	IV (rot)	übermäßig stark	polysaprob 3,5 - 4,0	Wasser außerordentlich stark verunreinigt; starke O_2-Zehrung; vorwiegendes Auftreten von Fäulnisprozessen durch Reduktion und Spaltung; Bildung von H_2S; hoher Gehalt an anorganischen Stoffen; reiche Sedimentation	Bakterien: weit über 1.000.000 pro ml Wasser, darunter Kokken und Schwefelbakterien. Abwasserpilz *(Sphaerotilus natans)*; Blaualgen *(Beggiatoa alba)*; Protozoen *(Amoeba limax*, *Euglena viridis*; darunter viele Ciliaten), Schlammröhrenwurm *(Tubifex)* Zuckmückenlarven *(Chironomus thummi)*; Schlammfliegenlarve (*Eristalistenax)*; keine Fische

Je geringer die Reaktionsbreite einer Art gegenüber sich ändernden Umweltfaktoren, je stenöker sie ist, umso geeigneter ist sie als Indikatorart. Um die Eignung einer Indikatorart in die Güteklassenberechnung mit einzubeziehen wird jeder Art ein Indikationsgewicht zugeordnet. Je stärker eine Art in ihrem Auftreten an nur eine Güteklasse gebunden ist, desto größer ist ihre Eignung als Indikatorart. Arten, die nur in einer der vier Güteklassen auftreten, erhalten das höchstmögliche Indikationsgewicht G = 16. Arten, deren Vorkommen sich auf zwei oder mehr Güteklassen verteilen, erhalten die Bewertung G = 8, 4, 2 oder 1. Hierdurch wird erreicht, dass bei der Beurteilung die stenöken Arten stärker als die mehr euryök in unterschiedlichen Saprobienbereichen lebenden Arten ins Gewicht fallen.

Die Ermittlung der Bioindikatoren geschah auf empirischem Weg durch biologischen Vergleich verschieden stark verunreinigter Fließgewässer, ohne den physiologischen und ökologischen Wirkungsbereich zu untersuchen. In den letzten Jahren sind einige Arten physiologisch untersucht worden (z. B. *Tubifex tubifex, Sphaerotilus natans, Gammarus pulex* u. a.). Die hierbei gewonnenen Ergebnisse bestätigten die Methode der biologischen Gewässerbeurteilung.

Die Gewässergüte ist ein vielschichtiger Begriff. So werden an Wässer zur Trinkwassergewinnung andere Anforderungen als an Badegewässer, Fischgewässer, Gewässer zur Bewässerung von Feldern oder zum Viehtränken gestellt. Die Einteilung der Fließgewässer nach dem Saprobiensystem und mittels bestimmter chemischer Gütewerte nach BACH (s. 3.4) orientiert sich hauptsächlich an der Belastung mit organischen Inhaltsstoffen und anorganischen Salzen, die unter Sauerstoffverbrauch abgebaut werden.

Wenn einem Gewässer organische Abwässer zugeführt werden, so sind selbst nach Unterbindung der Einleitung noch längere Zeit bestimmte Organismen (*Sphaerotilus*, Protozoen, Schlammröhrenwürmer, Zuckmückenlarven u. a.) nachweisbar, die die vorhergegangene Abwasserbelastung anzeigen. Die Trägheit des biologischen Systems ermöglicht es, noch Wochen nach einer Abwasserbelastung den Ort der Einleitung zu ermitteln. Selbst kurzfristige Verunreinigungen werden durch ein verändertes Arten- bzw. Häufigkeitsspektrum angezeigt. Auch dies ist ein Grund, weswegen der Bestimmung des Saprobienindex trotz der relativ schlichten Methodik eine so große Bedeutung zukommt.

Charakteristische Lebensformtypen der Fließgewässer *

Wie sehen nun die den unterschiedlichen Lebensbedingungen angepassten Indikatorarten aus? Nach Strömung, Gefälle und Breite der Fließgewässer lassen sich diese nach den Quellzonen (Krenal) in zwei Hauptlebensräume unterscheiden: die Bachregion der Flüsse (Rhitral) und der Unterlauf der Ströme (Potamal). Beide Lebensräume werden durch bestimmte Lebensformtypen charakterisiert.

I In den strömungsreichen Gebirgs- und Mittelgebirgsbächen (Rhitral)

sind Organismen zu finden, die morphologische und/oder ethologische Anpassungen entwickelt haben, um vor dem Verdriften geschützt zu sein.

- **Tiere mit Haftorganen** (Saugnäpfe oder Haken)
  Larven der Lidmücken (*Liponeura* spec.): Die bis 9 mm langen Larven besitzen auf der Bauchseite sechs große Saugnäpfe, mit denen sie sich auf glatten Steinen festhalten. Die Saugnäpfe verhindern, dass das Tier durch starke Strömung verdriftet wird. Zur Fortbewegung werden jeweils einzelne Saugnäpfe gelöst und wieder festgeheftet. Mit ihren stark gezähnten Kiefern schaben die Lidmückenlarven den Kieselalgenaufwuchs an den Steinen ab. Die Atmung erfolgt über fadenförmige Tracheenkiemen.

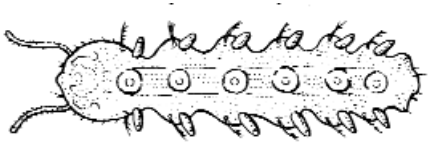


Abb. 4.1.10: Liponeura spec.

Larven der Kriebelmücken (*Simulium* spec.): Die bis 15 mm langen Larven leben mehr oder weniger sessil. Mit einer von einem Hakenkranz umgebenen Haftscheibe sitzen sie festgeheftet auf Steinen oder Pflanzen. Für die Fortbewegung befestigen sie abwechselnd den Thorakalfuß und die Haftscheibe am Hinterleibsende auf der Unterlage. Simuliumlarven (Kriebelmückenlarven) befestigen sich zusätzlich mit einer Fangleine am Substrat, an der sie sich zurückziehen können, wenn sie doch einmal abgetrieben werden. An ihrem Kopf befinden sich zwei gegen die Strömung gerichtete Kopffächer, mit denen die Larve feinste organische Partikel, Algen und Kleinstorganismen aus dem Wasser filtriert. Diese werden mit Hilfe von auf den Mandibeln befindlichen Härchen aus den Fächern herausgebürstet und dem Mund zugeführt.

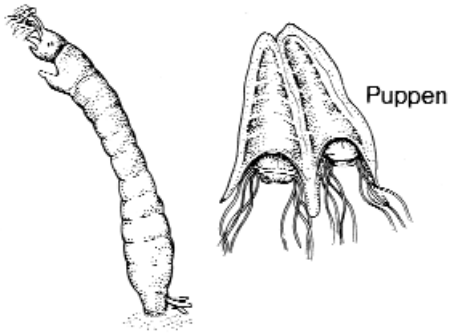


Abb. 4.1.11: Simulium spec.

** Aus Barndt, G. & Bohn, B. (1985): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. Berlin (Pädagogisches Zentrum). Verschiedentlich nachgedruckt. S. 73 - 79*

- **Tiere mit festem Randschluss**
  Flussnapfschnecke (*Ancylus fluviatilis*): Sie schiebt sich auf ihrem breiten Fuß nur sehr langsam durch die starke Strömung. Hierbei hält sie ihre Schale so dicht am Untergrund, dass ein möglichst guter Randschluss erfolgt. Dieses Verhalten, ihre mützenförmige Schale und die Möglichkeit, sich mit der Fußsohle am Untergrund festzusaugen, verhindern ein Abtreiben. Die Atmung erfolgt über Hautatmung, die Lungenhöhlen sind zurückgebildet.

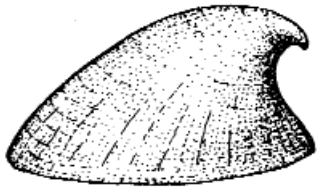


Abb. 4.1.12: Ancylus fluviatilis

- **Tiere mit abgeflachtem, stromlinienförmigem Körper**

Einige Larven der Eintagsfliegen (z. B. *Ecdyonurus* spec.): Die der Strömung angepassten (torrenticolen) oder volkstümlich ‘flachen’ Eintagsfliegenlarven sind in den reißenden Gebirgsbächen zu finden. Sie besitzen die eindrucksvollsten Anpassungen an strömungsreiches Wasser. Sie schmiegen sich mit ihrem abgeplatteten Körper, den Beinen und dem Kopf so nahe an die Steine an, dass eine Abspülung verhindert wird. Hierbei nutzen sie die strömungsarme Grenzschicht, die sich aufgrund von Reibungskräften auf der Oberseite von Steinen befindet. Im Schutz dieser 3 bis 5 mm hohen Grenzschicht leben sie und weiden die algenbedeckten Steine ab.

Abb. 4.1.13: Ecdyonurus spec.

- **Tiere mit Gehäusen zur Beschwerung**
  Einige Larven der Köcherfliegen (z. B. *Silo* spec.): Köcherfliegenlarven leben in ganz verschiedenen Gewässertypen. Sie bauen mit Hilfe eines Seidenfadens, den sie in zwei großen Spinndrüsen erzeugen und durch eine Spinnwarze herauspressen, zunächst ein Seidengespinst. Dieses stellt die Grundlage für den anschließenden Bau des Köchers dar. Mit ihren Mundwerkzeugen und Vorderbeinen baut sich die Larve aus Material, das sie in ihrem Lebensraum findet, einen Köcher, in dem sie lebt.

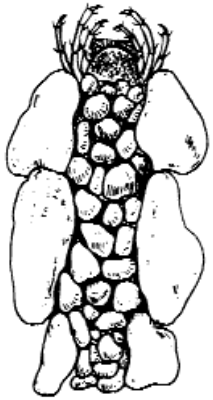


Abb. 4.1.14: Silo spec.

  Larven in strömungsreichen Gewässern bauen sich einen Köcher aus Sand und kleinen Steinchen, deren Gewicht sie vor dem Abtreiben schützt. Entsprechend dem Larvenwachstum muss der Köcher vergrößert werden. Der zu eng gewordene hintere Teil wird dabei von der Larve abgebissen.

- **Sessile Organismen**
  (Bakterienrasen, Kieselalgenaufwuchs, Wassermoose, Schwämme, Moostierchen, angesponnene Köcherfliegenlarven mit Netzflächen zum Auffangen der Nahrung)

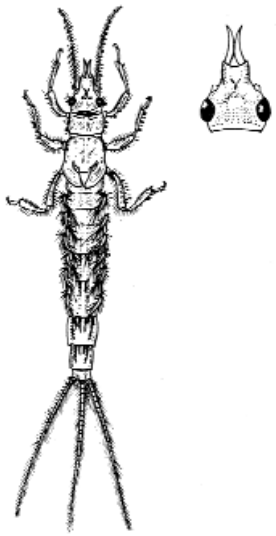
II Für den Stromunterlauf (Potamal)

mit seinem weicheren Substrat sind

- **bodenwühlende Tiere**
  typisch. Daneben spielen Nekton und Plankton eine größere Rolle. Durch die erhöhten Temperaturen sinkt der Sauerstoffgehalt des Wassers, da Wasser mit steigender Temperatur weniger Sauerstoff lösen kann. In Anpassung daran besteht bei den Bewohnern des Potamals die Tendenz, größere Kiemen auszubilden.

III In langsam fließenden bzw. stehenden Gewässern

können, z. B. innerhalb der Familie der Eintagsfliegen, mehrere Lebensformtypen unterschieden werden:



- **die grabenden Formen (*Ephemera*-Arten)**

besitzen dolchartige Oberkiefer, mit denen sie in den Schlamm Gänge, oft ganze Galerien bohren, in denen sie leben und nach Nahrung suchen. Als Schaufeln dienen die abgeflachten Vorderbeine.

Abb 4.1.15: Ephemera spec.

- **Die schwimmenden Formen**

leben an und zwischen den Wasserpflanzen. Ihr Körper ist zylindrisch, die Beine sind dünn und die Schwanzanhänge sind dicht mit Schwimmborsten besetzt. Zusammen mit den letzten Hinterleibssegmenten treiben sie den Körper durch Auf- und Abwärtsbewegungen vorwärts. Sie werden volkstümlich auch „runde“ Eintagsfliegenlarven genannt (Fam. Baetidae). (Die Bestimmung der Baetidae bis zur Gattung oder Art ist nur Spezialisten möglich.)

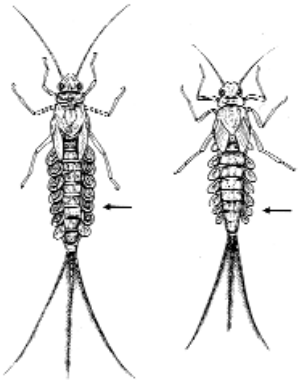


Abb 4.1.16: Baetis spec.*, Cloeon* spec.

- **Kriechende Larvenformen**

leben in Gewässern mit schlammigem und sandigem Grund. Ihr Körper ist oft stark behaart. Sie bedecken sich mit aus Tier- und Pflanzenresten bestehendem Mull und Schlamm, wodurch sie zugleich Nahrung und Schutz erhalten. Durch diese Verhaltensweise sind sie sehr schwer zu entdecken (Fam. Ephemerellidae).

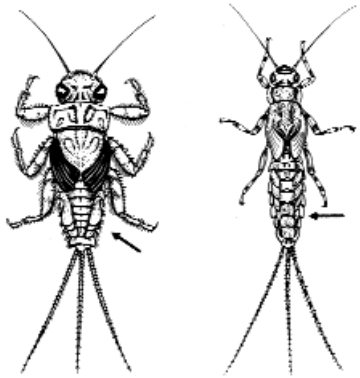


Abb. 4.1.17: Ephemerella spec.

Köcherfliegenlarven der ruhigen Bäche und stehenden Gewässer verarbeiten für ihren Köcher leichte Pflanzenmaterialien und Detrituspartikel. Da sie je nach Jahreszeit oder Standort ihre Baustoffe verändern, ist eine Artbestimmung allein aus dem Köchermaterial nicht möglich. Hiermit kann man gewöhnlich nur die Familien- bzw. Gattungszugehörigkeit ermitteln. (Die Bestimmung der Eintagsfliegen bis zur Gattung oder gar bis zur Art ist wegen der großen Ähnlichkeit der Tiere ausschließlich Spezialisten vorbehalten.)

Abb. 4.1.18: Limnephilus flavicornis

Entnahme und Untersuchung der Proben

Vor der Wasseranalyse muss die Auswahl der zu untersuchenden Gewässer und der Orte der Probenentnahme erfolgen. Günstig sind für Fußgänger gut zu erreichende Gewässer mit einer nur geringen Tiefe. Die Orte der Probenentnahme sollten so festgelegt werden, dass die Anwendung aller ausgewählten Bestimmungsmethoden an der gleichen Stelle möglich ist.

Als Fanggerät dient ein Wasserkescher oder ein nicht rostendes, engmaschiges Haushaltssieb, mit dem der Pflanzenbestand im Wasser vorsichtig abgestreift wird. Die Schüler sollen darauf aufmerksam gemacht werden, beim Keschern die Pflanzen möglichst wenig zu beschädigen. Nach 3-4-maligem zügigen Durchstreifen wird der Inhalt des Keschers in eine weiße Fotoschale entleert, die ca. 2 cm hoch mit Wasser gefüllt ist. Nun beginnt das Bestimmen und Auszählen der Tiere. Als geeignet hat sich ein mit Wasser gefüllter heller Marmeladendeckel erwiesen, in den die mit der Lupe zu bestimmenden Arten hinein gegeben werden. Unbestimmbare Tiere werden in einem Marmeladenglas mitgenommen und anschließend unter dem Binokular untersucht. Für den Transport wird das Glas nur zur Hälfte mit Wasser gefüllt, um die Sauerstoffversorgung der Tiere zu gewährleisten.
Es sollte genügend Pflanzenmaterial hinein gegeben werden um den Tieren Versteckmöglichkeiten zu bieten. Die Gläser werden zum Transport in eine Kühltasche gegeben, um die Aktivität der Tiere herabzusetzen.

ANLEITUNG ZUR ENTNAHME VON KLEINTIEREN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Notwendiges Material

- Ein oder zwei Haushaltssiebe zum Fangen der Tiere und für das Aussieben der Bodenproben.
- Ein Tümpelkescher zum Fangen von Tieren im Kraut.
- Ein oder zwei Eimer für die Steine und Äste.
- Ein oder zwei Untersuchungsschalen, am besten geeignet sind weiße Fotoschalen (Größe etwa 2Ox3O cm).
- Gläschen zum Sortieren der gefangenen Tiere.
- Lupen, am besten Becherlupen, (3 bis 5 fach)
- Kleinmaterial zum Aufnehmen der Tiere:
  - Pipetten,
  - Pinsel,
  - Federstahlpinzette.
- Papier und Bleistift.

So wird's gemacht

Um die Qualität des Lebensraumes für Kleintiere zu untersuchen, wird folgendermaßen vorgegangen:

1. Sammelt im Uferbereich und im seichten Wasser 10 handgroße Steine. Legt sie schnell in einen Eimer, damit flinke Kleintiere nicht flüchten können. Sind keine Steine vorhanden, könnt ihr stattdessen auch kleine Äste und Zweige sammeln.
2. Führt 5 Schläge mit den Keschern durch das Kraut, also durch die Bestände von Wasser- und Sumpfpflanzen, und durch das freie Wasser durch.
3. Weitere 5 Kescherproben werden aus dem Sediment entnommen. Bevor ihr die Kescher in die Sammelschale oder den Eimer entleert, versucht, den Kescher so weit wie möglich vorsichtig auszuwaschen.
4. Alternative für Standorte, an denen keine Wasserpflanzen vorhanden sind: 10 im Wasser liegende Steine auf anhaftende Tiere untersuchen und fünfmal etwas Bodengrund sieben.
5. Die Steine und Zweige werden abgesammelt und alle Fänge in das Sammelgefäß gegeben.
6. Nun werden die Tiere bestimmt. Benutzt dazu den Bestimmungsschlüssel auf der folgenden Seite. Sortiert die gefundenen und bestimmten Tiere in einzelne Gefäße, damit ihr einen Überblick über euren Fang behaltet.
7. Nach der Bestimmung und Beobachtung werden alle Tiere wieder vorsichtig in das Wasser zurückgesetzt.

Bei allen Probennahmen sind die naturschutzrechtlichen Bestimmungen und die regionalen Regelungen hierzu zu beachten!

Alle Individuen werden beim Auszählen vorsichtig mit einer flachen Federstahlpinzette oder einem breiten Tuschepinsel (die Tiere sind fast durchweg sehr zerbrechlich) in einen mit Wasser gefüllten Eimer überführt, um sie nach beendeter Untersuchung wieder auszusetzen.
Als noch günstiger für diese Arbeit hat sich ein kleiner Sieblöffel (Natriumlöffel) erwiesen, wie er im Fachhandel für den chemischen Laborbedarf erhältlich ist.

Um zu vergleichbaren Ergebnissen zu kommen, sollte der Umfang der Untersuchung für jede Schülergruppe festgelegt werden. Als praktikabel hat sich erwiesen, an einer Untersuchungsstelle fünfmal im Pflanzenbestand zu keschern und fünfmal den Bodengrund zu sieben.
Für die Bodengrunduntersuchung wird das mit Substrat gefüllte Sieb mit kreisenden Bewegungen so lange im Wasser bewegt, bis möglichst alle Sedimentteilchen aus dem Sieb entfernt sind. Dann wird wie oben beschrieben untersucht.

Falls Steine oder Holz im Wasser liegen, sollten auch diese hochgenommen werden, um die auf der Unterseite befindlichen Tiere mit dem Pinsel in die weiße Schale abzustreifen. Hierbei muss man möglichst schnell den hochgenommenen Stein über die Auszählschale halten, da sich einige Arten bei Beunruhigung sofort fallen lassen.

Besteht der Bodengrund vornehmlich aus Steinen, so werden etwa zehn aufgenommene Steine untersucht.

Beim Sammeln der Organismen sollen sich die Schülerinnen und Schüler umweltschützend verhalten und tierschützend mit den Fängen umgehen. Sie müssen auf die Naturschutzbestimmungen sowie die Richtlinien der Bundesartenschutzverordnung aufmerksam gemacht werden (s. www.umweltbildung-berlin.de/freiland.php).
Alle Probennahmen haben mit einem Freisetzen der entnommenen Organismen zu enden, unabhängig davon, ob mit einem Kompaktlabor die Untersuchung im Freien erfolgt oder die Proben in das Labor gebracht und dort untersucht wurden.

Im letzten Fall bietet es sich an, einige Arten in Aquarien zu setzen, um die Biologie dieser Arten kennen zu lernen. Dies kann durch Beobachtungen und Versuche, z. B. zur Fortbewegung sowie Atmung und Nahrungsaufnahme, ergänzt und mittels Schülerreferaten vertieft werden.

LITERATUR
ZU KAPITEL 4: LEBENSGEMEINSCHAFT – BIOLOGISCHE BEWERTUNG

BARNDT, G. & BOHN, B. (1985): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. Berlin (Pädagogisches Zentrum). Aktual. Nachdruck 19967 Bonn (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz)

ENGELHARDT, W. (1996[14]): Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Stuttgart. (Kosmos) *(Ein Standardwerk mit sehr guten Abbildungen und Informationen zu den häufigen Arten!)*

FEY, J. M. (Hrsg.) (1995): Lebensraum Auen. Unterricht Biologie, 19, Heft 4

FREY, M. J. (1996): Biologie am Bach – Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz. Wiesbaden (Quelle & Meyer)

HAUFE, D. (2000): Plankton-Mikroskopie im Unterricht. In: Süßwasser-Plankton im Schulunterricht – Begleitheft zur Diareihe. Potsdam (Medienpädagogisches Zentrum), S. 19 - 42

IKSE (Internationale Kommission zum Schutz der Elbe) (1997): Ergebnisse der Elbeforschung 1991 - 1995. Magdeburg

IKSE (Internationale Kommission zum Schutz der Elbe) (1999): Übersicht der planktischen Blaualgen (Cyanobakterien) im Einzugsgebiet der Elbe. Magdeburg

KÖHLER, J. & B. KÖPCKE. B. (1996): Veränderungen des Flußplanktons. In: Lozán, J. & H. Kausch (Hrsg.): Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. Berlin (Parey), S. 197 - 201

KREMER, B.P. (2002): Mikroskopieren leicht gemacht. Stuttgart (Kosmos)

LAMPERT, W. & SOMMER, U. (1999): Limnoökologie. Stuttgart (Thieme)

LICHTNER, H.-D. (1996): Lebenslauf eines Baches – ein Kooperationskurs Biologie/Geographie, Biologie in der Schule, 45, Heft 5, S. 272 - 283

REMANE, A.; STORCH, V. & WELSCH, U. (1997[5]): Systematische Zoologie. Stuttgart (Fischer)

RIEDEL-LORJÉ, J. C., AGATHA, S., HOLST, H., KÖPCKE, B., KRIEG, H.J. & ZIMMERMANN, H. (1998): Kleinlebewesen der Tide-Elbe – Eine Literaturstudie über Benthos, Aufwuchs, Aggregate und Plankton von der Mitte des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart. ARGE Elbe-Bericht: 137 S

Zu bestellen bei der ARGE Elbe in Hamburg, Tel. 040 42854 7770. (In jedem Fall lohnt sich ein Blick auf die Internetseite http://www.arge-elbe.de) *(Eine schöne Zusammenfassung der historischen Entwicklung von Mikro- und Makrofauna im tidenbeeinflussten Elbegebiet)*

SCHWAB, H. (1995): Süßwassertiere. Stuttgart (Klett)

SOMMER, U. (1994): Planktologie. Springer-Verlag

SOMMER, U. (1996): Algen, Quallen, Wasserfloh – die Welt des Planktons. Springer-Verlag

STREBLE, H. & KRAUTER, D. (2002[9]): Das Leben im Wassertropfen. Stuttgart (Kosmos). *(Auch dies ist ein Standardwerk für die Gewässeruntersuchung mit zahlreichen Abbildungen und Beschreibungen der einzelnen Arten)*

WICHARD, W. (Hrsg.) (1994): Lebensstrategien von Wasserinsekten. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie. 44, Heft 2 (1994)

XYLANDER, W. & NAGLSCHMID, F. (1985): Gewässerbeobachtung – Gewässerschutz. Ein Leitfaden zur erfolgreichen Umweltarbeit. Stuttgart (Verlag S. Naglschmid)

4.2 WASSERPFLANZEN ALS ZEIGERORGANISMEN

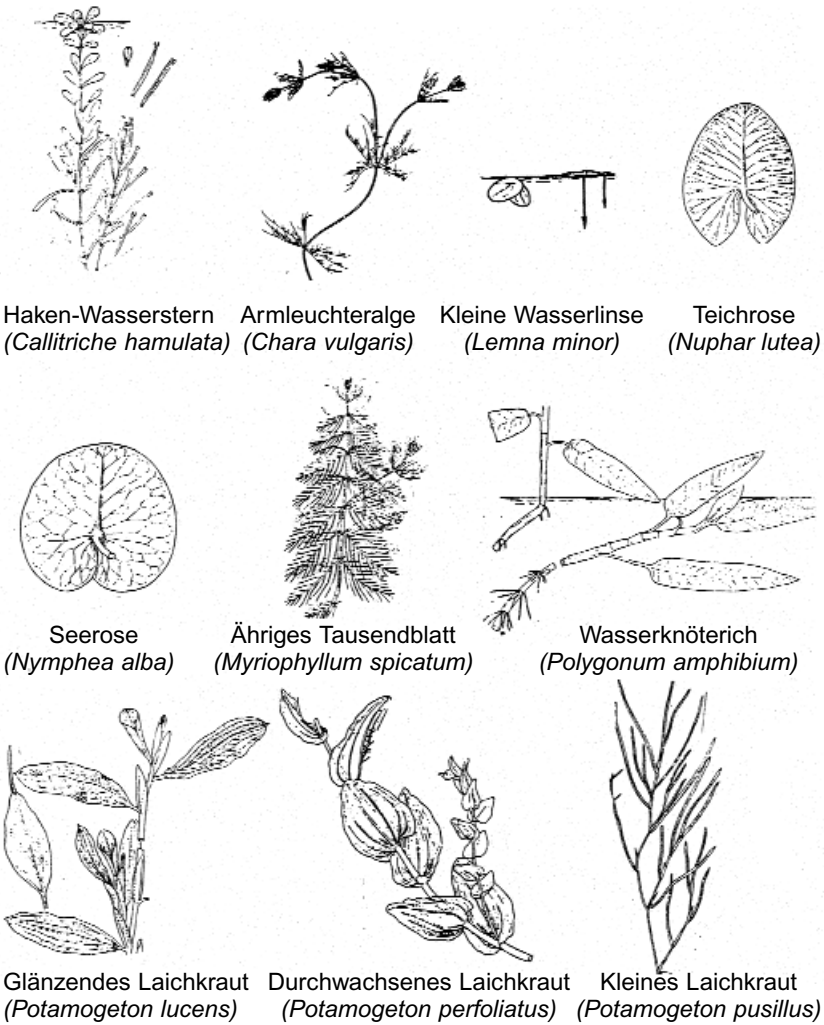
Neben chemischen und physikalischen Daten sowie Kleintieren lässt sich auch mit dem Auftreten von Wasserpflanzen die Güte von Gewässern bestimmen.

BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN GÜTE EINES GEWÄSSERS MITTELS WASSERPFLANZEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Die 24 häufigsten Wasserpflanzen der norddeutschen Fließgewässer, 13 Unterwasserpflanzen und 11 Schwimmblattpflanzen, sind aufgrund ihrer Anforderungen an den Standort und ihrer Widerstandskraft gegenüber Verschmutzung den Gewässergüteklassen 2 - 5 zugeordnet.

Gewässergüteklasse 2



Haken-Wasserstern *(Callitriche hamulata)*

Armleuchteralge *(Chara vulgaris)*

Kleine Wasserlinse *(Lemna minor)*

Teichrose *(Nuphar lutea)*

Seerose *(Nymphea alba)*

Ähriges Tausendblatt *(Myriophyllum spicatum)*

Wasserknöterich *(Polygonum amphibium)*

Glänzendes Laichkraut *(Potamogeton lucens)*

Durchwachsenes Laichkraut *(Potamogeton perfoliatus)*

Kleines Laichkraut *(Potamogeton pusillus)*

Nach Vöge, M. (1994): Wasserpflanzen als Zeigerorganismen. In: Prigge, S. (Hrsg.): Gewässer im Stadtteil. Hamburg (ZSU, IfL), S. 19 - 23

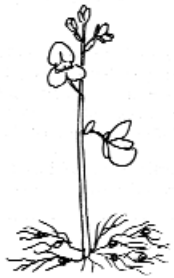
BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN GÜTE EINES GEWÄSSERS MITTELS WASSERPFLANZEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Gewässergüteklasse 2 (Ergänzung)

Flutender Wasserhahnenfuß
(Ranunculus fluitans)

Einfacher Igelkolben
(Sparganium emersum)



Gemeiner Wasserschlauch
(Utricularia vulgaris)

Gewässergüteklasse 3

Kanadische Wasserpest
(Elodea canadensis)

Krauses Laichkraut
(Potamogeton crispus)

Schwimmendes Laichkraut
(Potamogeton natans)

Teichlinse
(Spirodela polyrrhiza)

Zwerglinse
(Wolffia arrhiza)

Teichfaden
(Zannichellia palustris)

Gewässergüteklasse 4

Nutall's Wasserpest
(Elodea nuttallii)

Spreizender Hahnenfuß
(Ranunculus circinatus)

Gewässergüteklasse 5

Büschel-Wasserlinse
(Lemna gibba)

Kammförmiges Laichkraut
(Potamogeton pectinatus)

Gewässergüteklasse 2 - 5

Gemeines Hornblatt
(Ceratophyllum demersum)

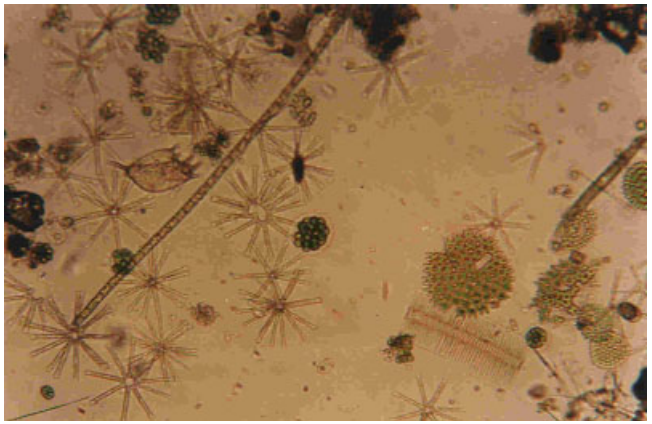
4.3 PLANKTONUNTERSUCHUNGEN

BRITTA KÖPCKE

Es gibt zahlreiche und vielseitige Gründe, das Thema „Plankton“ grundsätzlich im Unterricht zu behandeln. Besonders aber den Lerngruppen, die sich ohnehin bereits mit der Untersuchung eines Gewässers beschäftigen – wie es bei den Schülerinnen und Schülern unseres Projektes „Schulen für eine Lebendige Elbe“ der Fall ist – , sollte diese an der Basis der Nahrungspyramide stehende Lebensgemeinschaft nicht vorenthalten werden. Sie werden nachhaltig in Erinnerung behalten, dass jeder vorbeifließende oder auch stehende Kubikmeter Wasser eines Gewässers Millionen von verschiedensten Organismen enthält. Und damit sind sie den meisten Erwachsenen um so einiges voraus...

Dietmar Haufe, Lehrer für Biologie und Chemie, Schulleiter der Realschule Cottbus-Sielow, fasste dies sehr treffend zusammen:
„Jede Planktonprobe entpuppt sich unter dem Mikroskop als etwas Neues und wird zur Entdeckungsreise in eine unbekannte Welt. Die Planktongesellschaften zeigen in Fließgewässern andere Arten als in stehenden Gewässern. Sehr ergiebig sind auch nährstoffreiche Stillgewässer. Eine große Vielfalt von Arten und Individuen finden sich in kleinen, wenig fließenden Gräben. Die Suche nach Plankton in verschiedensten Lebensräumen und der Vergleich dieser Planktonfänge machen einen großen Teil des Reizes in der Beschäftigung mit dieser Lebenswelt aus. Den Schülern bescheren diese Erkundungen reine Entdeckerfreuden.“ (HAUFE).

Abb. 4.3.1: Planktonorganismen unter dem Mikroskop (Foto: Gymnasium Wolfen-Stadt)



Der Fang von Planktonorganismen

Insgesamt existiert eine Vielzahl von Geräten zum Fang von Planktonorganismen, die je nach gewünschter Organismenform, Gewässertyp und -tiefe ihre Vor- und Nachteile aufweisen. Die folgende Auflistung kann daher nur einen groben Überblick über die Vielseitigkeit der Fangmethodiken geben, die in der wissenschaftlichen Planktonforschung zum Einsatz kommen.

Planktonnetz: Ein feinmaschiges Netz wird durch das Wasser gezogen, so dass sich die Plankter schließlich in einem Auffangbehälter am Netzende konzentrieren. Die Maschenweite und Größe des Netzes richtet sich dabei nach der Größenklasse der Organismen, die man fangen möchte. Für den Fang von Phytoplankton verwendet man Maschenweiten von 55 - 63 µm (Gaze Nr. 25 bzw. 20), für Zooplankton Maschenweiten von 55-106 µm (Gaze Nr. 25, 20, 16 oder 12). Für den Unterricht in der Schule bieten sich die Maschenweiten von 55 µm (Nr. 25) für das Phytoplankton und von 106 µm (Nr. 12) für das Zooplankton an, da hiermit bereits ein relativ relevantes Artenspektrum erfasst wird. Die Netze kosten im Fachhandel ca. 35 - 50 Euro (je nach Ausführung).

Vorteil: Kleine Netze können unproblematisch per Hand bedient werden und ergeben eine gute Fängigkeit, da man sie mehrmals durch das Wasser ziehen kann. Mit Hilfe einer Teleskopstange kann man auch tiefere Wasserschichten befischen (Teleskopstangen kosten ca. 40 Euro im Fachhandel).

Nachteil**:** Die Beprobung ist rein qualitativ, da eine Ermittlung der befischten Wassermenge nur bei großen Netzen mit Strömungsmessern möglich ist. Derartige Netze scheinen für den Schulgebrauch andererseits aber aufgrund des Preises ungeeignet. Verstopfungen der Netzgaze bewirken außerdem einen Staudruck innerhalb des Netzes, der bei größeren Zooplanktern ein Fluchtverhalten auslöst. Diese Organismen sind dann in unrepräsentativ geringerer Anzahl im Fang.

Wasserschöpfer: Eine Röhre wird in die gewünschte Wassertiefe hinabgelassen und dort über einen geeigneten Mechanismus an beiden Enden mit Deckeln verschlossen. Dieses Verfahren wird z. B. auch in stehenden Gewässern angewandt, um Tiefenprofile der zu untersuchenden chemisch-physikalischen Parameter zu ermitteln.

Vorteil: Qualitative Beprobung in definierter Wassertiefe.

Nachteil: Das beprobte Wasservolumen ist häufig zu gering, um das Artenspektrum zu erfassen. Starke Strömungen innerhalb des Gewässers (wie z. B. der Elbe) erschweren das Handling erheblich. In flachen Gewässern ist die Methode ungeeignet.

Pumpen: Das Wasser wird durch einen Schlauch, dessen Öffnung in eine gewünschte Wassertiefe hinabgelassen wurde, in einen kalibrierten Auffangbehälter gepumpt.

Vorteil: Die Beprobung ist quantitativ, das Probenvolumen sowie die zu beprobende Tiefe können frei gewählt werden. Zieht man den Schlauch vom Grund bis zur Oberfläche, so erfasst man alle Tiefenstufen. Das Probenwasser wird anschließend durch eine Gaze gewünschter Maschenweite (je nach Untersuchungsziel) gesiebt und konzentriert.

Nachteil: Aufwendige und gewichtige Apparatur. Die Sogwirkung an der Schlauchöffnung führt bei größeren Zooplanktern (z. B. Daphnien) zur Fluchtbewegung. Diese Organismen sind dann in unrepräsentativ geringerer Anzahl im Fang.

Schöpfeimer: Das Wasser wird mit einem Eimer geschöpft und in einen kalibrierten Auffangbehälter (Messeimer) gegossen.

Vorteil: Der Eimer kann unproblematisch per Hand (bzw. an der Leine) in das Wasser gelassen werden. Die Beprobung ist quantitativ, das Probenvolumen kann frei gewählt werden (z. B. 20 Liter, 50 Liter oder mehr). Das Probenwasser wird anschließend durch eine Gaze gewünschter Maschenweite (Netz oder Konzentrator, siehe Bauanleitung S. 4/253) gesiebt, um die Organismen zu konzentrieren.

Nachteil: Man erfasst lediglich das Oberflächenwasser, welches meist – vor allem in Gewässern geringer Strömung und Turbulenz – nicht repräsentativ für die Wassersäule ist.

Für den Schulunterricht sind besonders die **Planktonnetze** zum Fang der Organismen geeignet, da sie leicht zu transportieren und zu bedienen sind. Die Fänge liefern zwar keine quantitativen Ergebnisse, sind aber für unsere Zwecke völlig ausreichend. Quantitative Untersuchungen erfordern ein Auszählen aller verschiedenen Organismen mit Hilfe einer Zweifachlupe (Binokular) oder eines Mikroskops. Dieses ist für die Schülerinnen und Schüler sehr mühselig und liefert auch nur dann interessante Ergebnisse, wenn man schließlich viele verschiedene Proben ausgezählt hat und sie miteinander vergleichen kann (z. B. Proben aus verschiedenen Jahreszeiten oder Flussabschnitten).

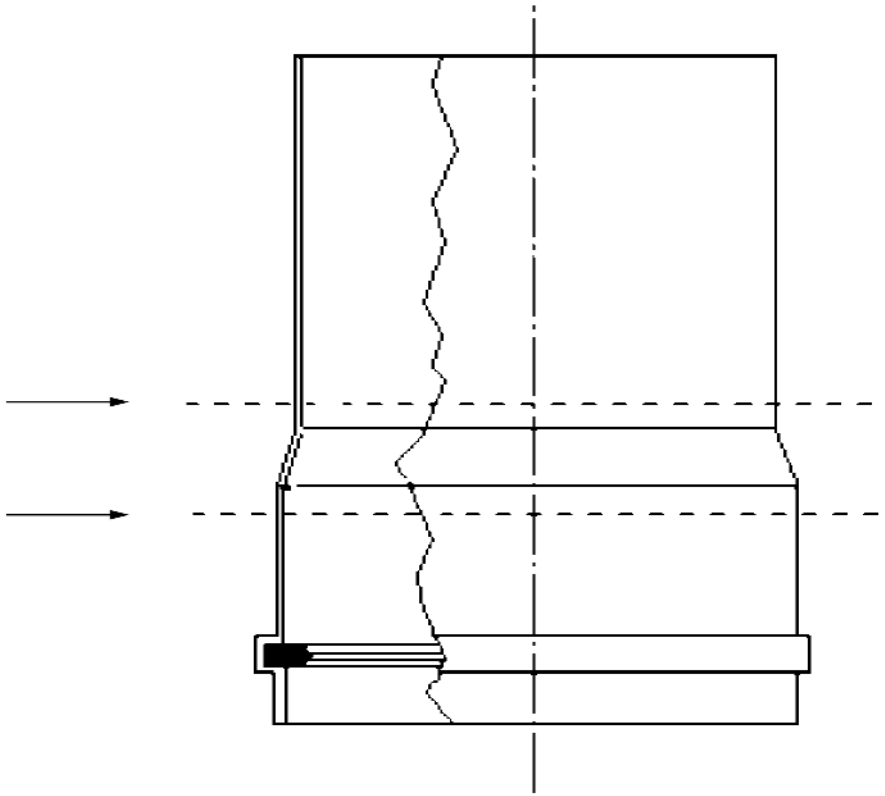
Auch mit **Wasserschöpfern** lassen sich von den Schülerinnen und Schülern gute Ergebnisse erzielen. Die Geräte sind allerdings relativ teuer. Als Alternative bieten sich einfache Schöpfeimer an, die man in der Haushaltsabteilung von Kaufhäusern erhalten kann. Zum Kalibrieren nimmt man einen zweiten Eimer (= Messeimer), befüllt ihn schrittweise mit je einem Liter Wasser und markiert die Höhe des Wasservolumens an seiner Innenseite.

Auch den **Konzentrator** kann man mit einfachen Mitteln selbst herstellen (vgl. Arbeitsbogen 4.3.1): Man sägt ein Abflussrohr (so genanntes „HT-Rohr“, im Baumarkt für 2 - 3 Euro erhältlich) an zwei Stellen durch, so dass man ein Abschlussteil (1) mit 11 cm Innendurchmesser und ein Rohrteil (2) mit 10,5 cm Innendurchmesser erhält. Das Rohrteil wird nun straff mit der gewünschten Gaze beklebt und in das Abschlussteil geschoben. Der Konzentrator kann somit auf den Boden gestellt werden, ohne dabei die empfindliche Gaze zu beschädigen, denn diese befindet sich nun oberhalb des Dichtungsringes im Abschlussteil.

Mit einer Spritzflasche können die auf der Gaze liegenden Organismen an den Rand des Konzentrators gespült und schließlich in das Probenfläschchen übertragen werden. Konzentratoren, deren Rohrteil anstelle des grauen PVCs aus Plexiglas besteht, sind natürlich besonders gut, da der Blick in den Konzentrator erleichtert ist und man eventuell noch vorhandene Organismen besser erkennen kann. Plexiglasrohre sind allerdings sehr teuer, und das einfache Abflussrohr erfüllt durchaus seinen Zweck.

KLEINE BAUANLEITUNG FÜR DEINEN KONZENTRATOR

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe



Ein HT-Rohr wird oberhalb und unterhalb der Verjüngungsstelle durchgesägt.
(Zeichnung KLAUS PRANKEL)

Man erhält ein Abschlussteil (1, links) mit 11 cm Innendurchmesser und ein Rohrteil (2, Mitte und rechts) mit 10,5 cm Innendurchmesser. Das Rohrteil wird straff mit der Gaze beklebt (rechts) und zum Trocknen stehen gelassen.

Das Abschlussteil wird umgedreht und das mit der Gaze beklebte Rohr hineingeschoben. Nun sitzt das Rohrteil auf der Gummidichtung innerhalb des Abschlussteils auf.

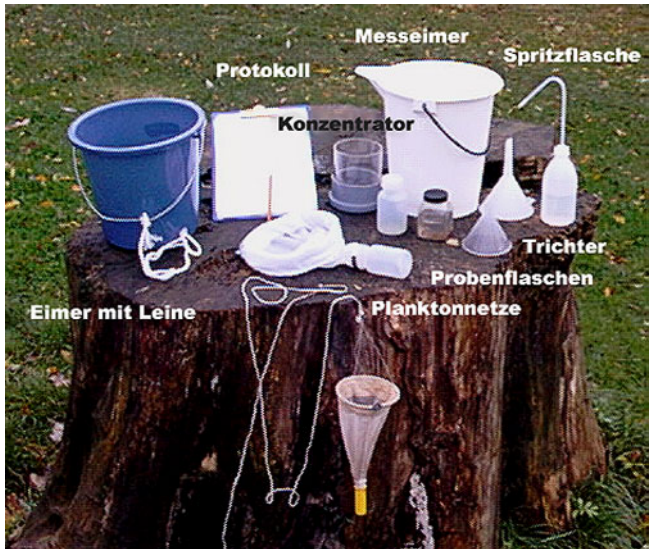


Abb. 4.3.2: Geräte für die Planktonuntersuchung

Materialliste für die Planktonprobennahme

- Planktonnetz (evtl. + Teleskopstange)
  oder Eimer mit Leine (+ Messeimer und Konzentrator/ Planktonnetz)
- Spritzflasche
- Trichter
- Probenfläschchen
- Protokollbögen

Durchführung der Planktonprobennahme:

1. **Planktonnetz**:
   - Das Netz wird etwa 10-mal langsam (damit es nicht zum Staudruck an der Netzöffnung kommt) durch das Wasser gezogen. Eine am Netz angebrachte Wurfleine oder Teleskopstange ermöglicht dabei, auch tiefere Wasserschichten zu erreichen oder die Beprobung, z. B. von einer Brücke aus, durchzuführen.
   - Mit der Spritzflasche spült man die Innenfläche des Netzes ab, um daran hängende Organismen mit zu erfassen (s. Abb. 4.3.2).
   - Der Inhalt des Auffangbehälters wird in ein Probenfläschchen überführt.

2. **Schöpfeimer**
   - Der Eimer wird langsam an einer Leine ins Wasser gelassen und wieder herausgezogen.
   - Das geschöpfte Wasser wird in einen Messeimer (mit Volumenmarkierungen an der Innenseite) überführt, so dass die Probenmenge abgelesen werden kann.
   - Anschließend wird die Wasserprobe durch ein Planktonnetz (mit Auffangbehälter) oder einen Konzentrator gegeben, um sie zu konzentrieren.

Diese drei Schritte können beliebig oft wiederholt werden, bis das gewünschte Probenvolumen erreicht ist.

Mit Hilfe einer Spritzflasche werden die Organismen in ein Probenfläschchen überführt (s. Abb. 4.3.3), indem man sie sorgfältig aus dem Netzauffangbehälter bzw. aus dem Konzentrator herausspült.

Während aller Beprobungen sollten mindestens auch das Datum, die Uhrzeit sowie die Temperatur des Gewässers erfasst und im Protokoll vermerkt werden. Sinnvoll ist es außerdem, auch die Sichttiefe und den pH-Wert, den Gesamtphosphatgehalt, den Nitratgehalt und die Sauerstoffsättigung zu bestimmen (s. Kap. 3.3 und 3.4).

Die folgenden Bilder dokumentieren die Planktonuntersuchungen einer Gruppe deutscher und tschechischer Schülerinnen und Schüler während eines gemeinsamen „Elbe-Camps“ in Otterndorf (Elbmündungsbereich) im September 2001:

Abb. 4.3.3: Der Auffangbehälter des Planktonnetzes wird über einem Trichter, der in die Probenflasche führt, geöffnet. Mit einer Spritzflasche wird das Netz zusätzlich gespült.

Abb. 4.3.4: Die Planktonprobe wird möglichst direkt im Anschluss (z. B. in der Schule) genauer untersucht. Die Organismen (hier Zooplankton) werden mit dem Binokular bzw. Mikroskop beobachtet und bestimmt.

Planktonuntersuchungen während eines Elbe-Camps in Otterndorf im September 2001

PLANKTONPROBENNAHME-PROTOKOLL

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

STATION

Datum

Uhrzeit

Temperatur [°C]

Sichttiefe [cm]

---

pH-Wert

Gesamtphosphat [µg/l]

Sauerstoffsättigung [%]

Bemerkungen: (z. B. „starke Regenfälle am Vortag“, „Schaumbildung am Ufer“ o. ä.)

Die Auswertung der Beprobungen

Materialliste für die Bearbeitung der Planktonproben

- Binokular, Mikroskop
- Petrischalen oder Blockschälchen
- Federstahlpinzetten, Präpariernadeln, Pipetten
- Objektträger und Deckgläschen
- Bestimmungsliteratur

Die Bearbeitung der Planktonproben

Die Proben werden möglichst direkt im Anschluss an die Probennahme ausgewertet, damit die Schülerinnen und Schüler die lebenden Organismen erforschen können. Sollte dies nicht möglich sein, so müssen die Proben über Nacht kühl gestellt werden. Hydrobiologen benutzen verschiedene Fixierungslösungen, um ihre Proben auch noch nach Wochen oder Monaten bearbeiten zu können. Die Zooplanktonproben kann man in 70%igem Alkohol lagern, was allerdings zu starken Formveränderungen der Organismen führen kann. Krebstiere werden durch diese Fixierungsmethode außerdem leicht zerbrechlich. Die weitaus verbreitetere Methode, die Fixierung mit 4%igem Formaldehyd, ist wiederum für den Schulunterricht gänzlich ungeeignet und sogar verboten, da Formaldehyd zu den krebserregenden Stoffen zählt! Phytoplanktonproben fixiert man, indem man ihnen eine Jodkaliumjodidlösung, die so genannte „Lugol'sche Lösung", zusetzt (etwa 1 ml auf 200 ml Probenvolumen).

In der Schule können die Organismen mit einer Pipette in Blockschälchen oder Petrischalen gegeben werden. Mit Hilfe eines Binokulars (Zweifachlupe) verschafft man sich bereits einen Überblick über die Organismenvielfalt sowie über die Fortbewegungsformen der Tiere. Zur genaueren Betrachtung werden die Organismen in Wassertropfen auf Objektträger übertragen und unter dem Mikroskop betrachtet.

Die Bestimmungsbücher, z. B. „Das Leben im Wassertropfen"*, führen in der Regel zu einer relativ sicheren Zuordnung der Phyto- und Zooplankter in Großgruppen oder sogar zur Gattung. Genauere Artbestimmungen erfordern allerdings Erfahrungen und Kenntnisse, die von den Schülerinnen und Schülern nicht geleistet werden können. So müsste man beispielsweise zur Bestimmung einer Ruderfußkrebsart das 5. Beinpaar („P5") des Tieres herauspräparieren und dieses unter dem Mikroskop mit Abbildungen aus der Spezialliteratur vergleichen. Auf Artangaben sollte man daher generell bei schulischen Untersuchungen verzichten!

Die gefundenen Organismen können gezeichnet oder – sofern dies technisch möglich ist – fotografiert werden, um schließlich eine Dokumentation erstellen zu können. Dabei sollten die Organismen selbst und nicht die Abbildungen in den Büchern gezeichnet werden!

* *Streble, H. & Krauter, D. (2002[9]): Das Leben im Wassertropfen. Stuttgart (Kosmos)*

Können die Planktonlebewesen Rückschlüsse auf die Gewässergüte geben?

Mit anderen Worten: gibt es Indikatorarten innerhalb des Planktons? Grundsätzlich gibt es Planktonarten, die stenök sind (s. 4.1), also sehr sensibel bezüglich bestimmter Umgebungsfaktoren, und sich somit als Bioindikatoren eignen. Beispielsweise reagieren einige Algenarten in Bezug auf Schwermetalle sehr schnell mit Absterben, andere dagegen weisen sehr hohe Toleranzen auf und reichern Schwermetalle in sich an. Während die untere pH-Grenze für Blaualgen im Bereich zwischen 4 und 5 liegt, können Grünalgen selbst noch in sehr sauren Gewässern bis pH 2 überleben.

Eine im Frühjahr und Sommer angetroffene große Formenvielfalt, die auch Rädertiere, Blattfußkrebse und Ruderfußkrebse beinhaltet, weist wiederum bereits darauf hin, dass die Planktonprobe aus einem mesosaproben Gewässer, vermutlich der Gewässergüteklasse II, stammte (s. u.).

Nach LIEBMANN* können bestimmte Planktonarten als Indikatoren für die Wassergüteklasse des Gewässers fungieren. Einige Beispiele für planktische Indikatorarten seien im Folgenden genannt. Aufgrund der oben aufgezeigten Problematik der Artbestimmung sollte die Zuordnung einer Gewässergüteklasse jedoch vorrangig aus dem Gesamteindruck der Untersuchungen vorgenommen werden, d. h. aus

1. der Formenvielfalt des Planktons
2. der Sichttiefe
3. weiteren Begleitparametern (z. B. Sauerstoffsättigung, pH-Wert, Nährstoffgehalt).

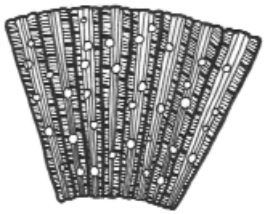
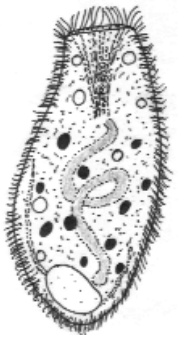
Die untersuchten Begleitparameter können bereits aussagekräftige Hinweise auf die Planktonentwicklung und auf die Trophie des Gewässers geben.

** In: STREBLE, H. & KRAUTER, D. (2002[9]): Das Leben im Wassertropfen. Stuttgart (Kosmos)*

Planktische Indikatorarten für die verschiedenen Wassergüteklassen

Wassergüteklasse I, oligosaprobe Zone

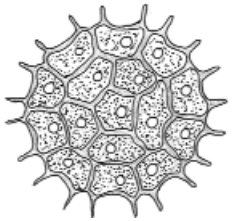
- Zone nahezu reinen Wassers
- Klares und nährstoffarmes Wasser, sauerstoffreich
- Kaum tote organische Substanzen
- Insgesamt wenige Arten und Individuen

Wassergüteklasse		Indikatorarten
I oligosaprobe Zone		***Meridion circulare*** Sektoren-Kieselalge, Zellen bilden halbringförmige Bänder oder ganze Spiralen, häufig
		***Pseudoporodon niveus*** Spalten-Wimpertier, Eingangsschlitz des Mundes ist leicht zur Bauchseite geneigt, bevorzugt geringe Strömung

Tab. 4.3.1: Indikatorarten der Wassergüteklasse I

Wassergüteklasse II, ß-mesosaprobe Zone

- Mäßig verunreinigte Wasserzone
- Sauerstoffreiches, klares Wasser, zeitweise jedoch starker Algenwuchs
- Vielfältige Tier- und Pflanzenwelt (artenreich)
- Kieselalgen, Grünalgen, Dinoflagellaten, Rädertiere, Kleinkrebse

Wassergüteklasse		Indikatorarten
II ß-mesosaprobe Zone		***Pediastrum boryanum*** Warziges Zackenrädchen, bis zu 128 Zellen in einer Kolonie, Randzellen variabel, sehr verbreitet
		Scenedesmus quadricauda Geschwänzte Gürtelalge, Kolonien mit maximal 12 Zellen, Endzellen mit je zwei Stacheln, häufig
		Closterium monilifeum Mondsichel, Chloroplasten mit etwa 10 Lamellen und 6 - 7 in einer Reihe angeordneten Pyrenoiden,sehr häufig

Tab. 4.3.2: Indikatorarten der Wassergüteklasse II

Wassergüteklasse III, α-mesosaprobe Zone

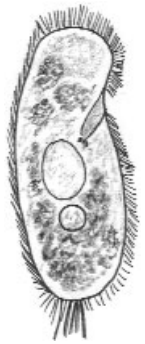
- Stark verunreinigte Wasserzone
- Sauerstoff ausreichend vorhanden, allerdings auch starke Sauerstoffzehrung
- Viele Kieselalgen, Grünalgen, Geißel- und Wimpertierchen
- Höhere Tiere und Pflanzen selten

Wassergüteklasse		Indikatorarten
III **α-mesosaprobe Zone**		***Paramecium caudatum*** Geschwänztes Pantoffeltier, schwimmt torkelnd in Schraubenlinien, tritt in α-mesosaproben Zonen häufig in Massen auf
		Navicula cryptocephala Geschnäbelte Schiffchen-Kieselalge, lanzettförmige Schalen mit zarten Querstreifen,
		Nitzschia palea Farblose Kielalge, langgestreckt lanzettförmig mit sehr zarten Querstreifen, kommt auch im Faulwasser vor

Tab. 4.3.3: Indikatorarten der Wassergüteklasse III

Wassergüteklasse IV, polysaprobe Zone

- Sehr stark verunreinigte Wasserzone
- Starke Verschmutzung, sauerstoffarm oder -frei, massenhaft Bakterien
- Wenige Blaualgenarten, einige Geißeltierchen, viele Bakterien • fressende Wimpertierchen

Wassergüteklasse		Indikatorarten
IV **Polysaprobe Zone**		***Colpidium colpoda*** Nierentierchen, Form variabel: rundlich bis schlank-eiförmig oder zylindrisch, schwimmt schnell in Schraubenlinien, tritt in der polysaproben Zone und in Abwässern häufig in Massen auf

Tab. 4.3.4: Indikatorarten der Wassergüteklasse IV

Mittels der Bestimmungskarten informieren sich die Schülerinnen und Schüler über den Lebensraum und die Lebensweise der von ihnen gefundenen Organismen. Dazu sind die Blätter am besten mittig zu kniffen und einzuschweißen oder in Klarsichthüllen einzulegen.
Auf den Karten wird Literatur zur weiteren Bearbeitung genannt, z. B. der in vielen Auflagen erschienene Klassiker

ENGELHARDT, W. (1996[14]): Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher. Stuttgart (Kosmos).

Sollten Sie andere Literatur zur Verfügung haben oder verwenden wollen, sind die Literaturangaben anzupassen und bei einer anderen Auflage von ENGELHARDT ggf. die Seitenzahlen zu korrigieren.

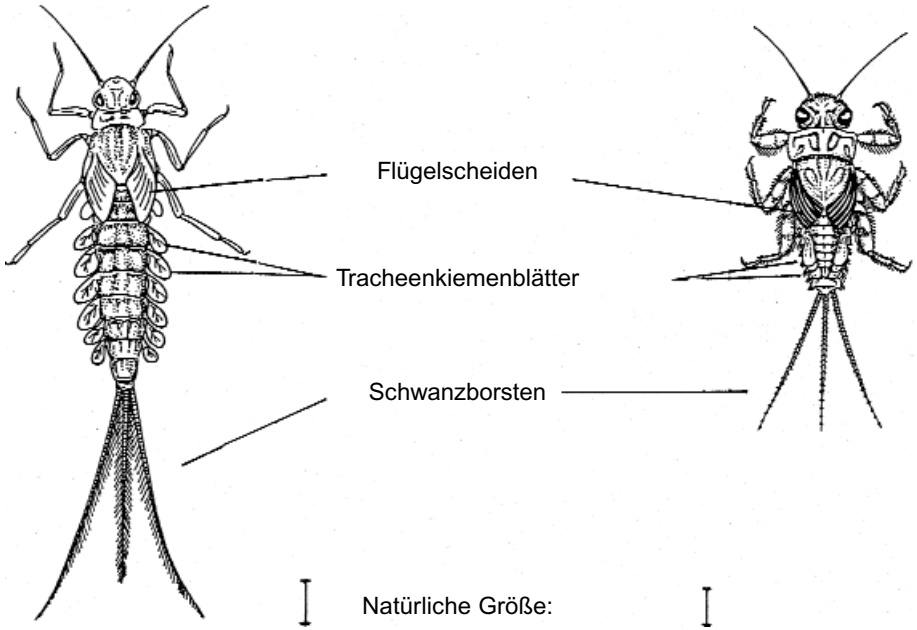
ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast EINTAGSFLIEGENLARVEN gefunden!

Eintagsfliegenlarven haben drei Schwanzborsten und sind sehr gut an ihren Lebensraum angepasst!

Schwimmende Form | Kriechende Form



Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

Schwimmende Form:

1. Langsam fließende oder stehende Gewässer
2. Die Larven vertragen eine leichte Wasserverschmutzung
3. Lebensraum im dichten Wasserpflanzenbewuchs

Kriechende Form:

1. Stehende oder langsam fließende Gewässer.
2. Die Larven vertragen eine leichte Wasserverschmutzung.
3. Lebensraum im weichen Bodenschlamm.

Hast du das schon gewusst?

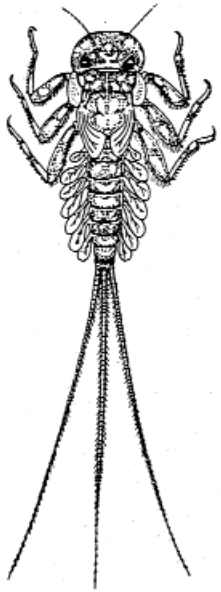
- In Mitteleuropa leben etwa 80 Eintagsfliegenarten.
- Sie leben als Larven etwa ein Jahr im Wasser und atmen dort mit Tracheenkiemen.
- Die Larven sind wie die fertigen Eintagsfliegen wichtige Nährtiere in der Nahrungskette (Nahrung vor allem für Fische, Vögel, Fledermäuse).
- Nach der Fortpflanzung (mehrere 100 bis mehrere 1000 Eier) sterben alle Eintagsfliegen (wegen der verkümmerten Mundwerkzeuge können die fertigen Fliegen nicht fressen).

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

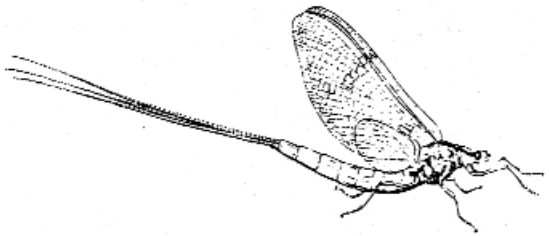
Du hast eine EINTAGSFLIEGENLARVE gefunden!

Eintagsfliegenlarven haben drei Schwanzborsten und sind sehr gut an ihren Lebensraum angepasst!

Strömungsliebende, flache Eintagsfliegenlarve



Fertige Eintagsfliege



Natürliche Größe:

Wo fühlt sich dieses Tier wohl? (Stelle den Fangbehälter bitte in den Schatten!)

1. Stark strömende Bäche (Gebirgsbäche)
2. Wasser sehr sauber, kühl und sauerstoffreich
3. Steiniger Gewässerboden

Hast du das schon gewusst?

- Diese Eintagsfliegenlarve lebt etwa ein Jahr lang im Bach und ernährt sich vom Algenbelag auf Steinen und Wasserpflanzen.
- Sie presst sich so nahe an die Steine, dass sie der Strömung kaum Widerstand bietet.
- Fertige Eintagsfliegen leben nur wenige Stunden bis wenige Tage!
- In dieser kurzen Zeit nehmen sie keine Nahrung zu sich; denn sie haben nur verkümmerte Mundwerkzeuge. Wichtigstes Ziel: Fortpflanzung!

Zum Weiterlesen:

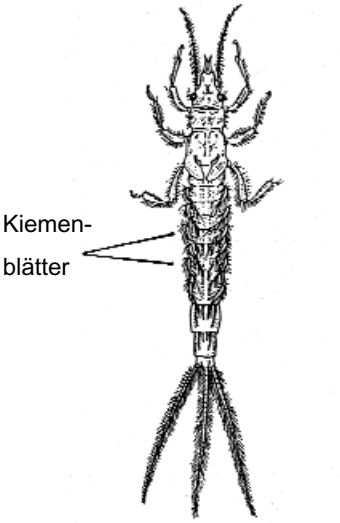
Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 147/148
S. 153 Tafel 21;5

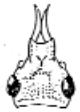
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast eine EINTAGSFLIEGENLARVE gefunden!

Eintagsfliegenlarven haben drei Schwanzborsten und sind sehr gut an ihren Lebensraum angepasst!

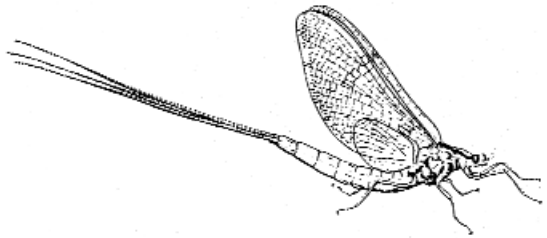
Grabende Eintagsfliegenlarve





Dolchartige Oberkiefer dienen ihr zusammen mit den Vorderbeinen als Grabwerkzeuge.

Fertige Eintagsfliege



Natürliche Größe:

Wo fühlt sich dieses Tier wohl?

1. Ruhige Gewässerabschnitte mit weichem, schlammigem Untergrund
2. Wasser kann leicht verschmutzt sein
3. Wassertemperatur leicht erhöht, etwas geringerer Sauerstoffgehalt möglich (Die Eintagsfliegenlarve besitzt viele, fein verzweigte Tracheenkiemenblätter)

Hast du das schon gewusst?

- Grabende Eintagsfliegenlarven bohren in den Schlamm viele Gänge und suchen dort nach Nahrung (Pflanzenteile, Kleinstlebewesen).
- Eintagsfliegenlarven leben etwa ein Jahr im Wasser, treiben dann wie ein Korken an die Wasseroberfläche, die Larvenhülle platzt an einer vorgegebenen Reißlinie, das Schlüpfen des fertigen Insektes dauert dann nur noch wenige Sekunden (Fische sind die Hauptfressfeinde).

Zum Weiterlesen:

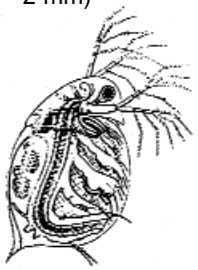
Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 147/148
	S. 153 Tafel 21;1

ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

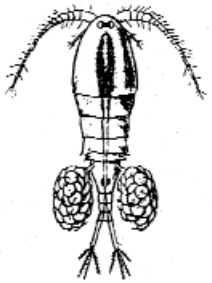
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast KLEINKREBSE gefunden!

(0,5 - 2 mm)



Wasserflöhe



Hüpferlinge

Muschelkrebse

Wasserflöhe

- leben fast ausschließlich im Süßwasser.
- bevorzugen pflanzenreiche, stehende Gewässer vom Tümpel bis zum tiefen See.
- sind Bewohner des Freiwassers.

Hüpferlinge

- leben in Gesellschaft mit Wasserflöhen, sie bewohnen zusätzlich noch Kleinstgewässer z. B. Pfützen, Wasserlöcher.
- Viele Arten leben im Meer, etwa 120 Arten in Mitteleuropa.

Muschelkrebse

- leben in pflanzenreichen Weihern, Tümpeln, Quellen, Grund- und Höhlengewässern, sogar in rasch fließenden Bächen.
- sind Bodenbewohner und kriechen bzw. klettern am Gewässergrund und im Wasserpflanzengewirr umher.

Hast du das schon gewusst?

Wasserflöhe

- ernähren sich von kleinsten Nahrungsteilchen (Algen, Bakterien), die sie mit ihren „kammartigen“ Brustbeinen aus dem Wasser herausfiltern. Es gibt auch Raubwasserflöhe, die sich von anderen kleinen Wasserflöhen und Hüpferlingen ernähren.
- legen zweierlei Eier, Sommereier und Dauereier, davon bis zu 40 Stück. Dauereier ermöglichen auch bei ungünstigen Bedingungen (Trockenheit, Frost) ein Überleben der Wasserflöhe.

Hüpferlinge

- filtern kleinste Planktonteilchen, z. B. Kieselalgen, aus dem Wasser, die Mundwerkzeuge wirken wie Siebe und schwingen dabei in der Minute bis zu 1000-mal hin und her.
- werden wegen ihrer ruckartigen, „hüpfenden“ Bewegungen so genannt.

Muschelkrebse

- ernähren sich von verwesenden Stoffen (Blätter, Tierleichen).
- können ihre beiden Schalenhälften fest zusammenschließen und überleben dann in ausgetrockneten und zugefrorenen Wohngewässern ohne Schaden.

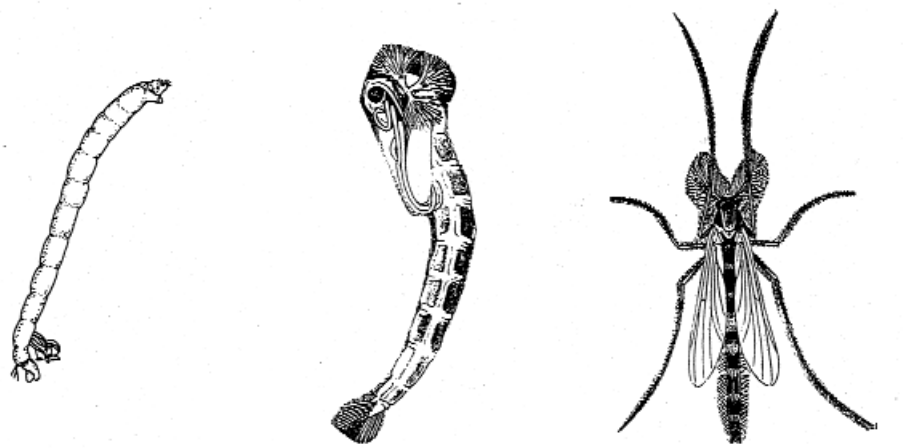
Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 126 ff

ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast eine ZUCKMÜCKENLARVE gefunden!



Larve Puppe Fertige Zuckmücke

Natürliche Größe:

Zuckmücken stechen nicht!

Wo fühlt sich dieses Tier wohl?

1. Stehende oder fließende Gewässer unterschiedlichster Größe
2. Manche Zuckmückenlarven ertragen auch sehr stark verunreinigtes Wasser

Hast du das schon gewusst?

- In Mitteleuropa gibt es etwa 1000 Arten von Zuckmücken!
- Größe und Färbung der verschiedenen Larvenarten sind unterschiedlich.
- Zuckmückenlarven und -puppen kommen oft massenhaft im Gewässerboden vor (3000 Tiere/m^2). Sie sind wichtige Nährtiere für Fische und Wasservögel.
- Je nach der Art ernähren sich Zuckmückenlarven von Algen, Pflanzengewebe, morschem Holz, aber auch räuberisch von anderen Kleintieren.
- Die fertigen Zuckmücken „tanzen“ in riesigen Schwärmen in Gewässernähe, ihr Leben dient nur der Fortpflanzung. Sie saugen kein Blut.
- Über der Wasseroberfläche werfen die Weibchen bis zu einige 1000 Eier im Flug ab.

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 182 ff
	S. 185 Tafel 31;1

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast einen BACHFLOHKREBS gefunden!

Natürliche Größe:

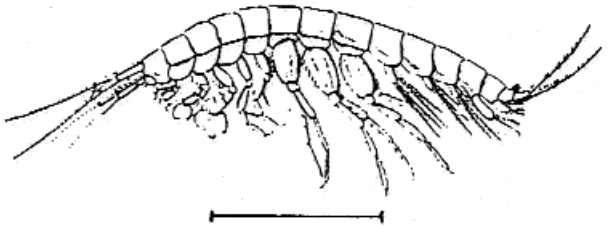
Wo fühlt sich dieses Tier wohl?

(Stelle den Fangbehälter bitte in den Schatten!)

1. Fließgewässer, selten in stehenden Gewässern
2. Wasser sauber oder nur mäßig verschmutzt
3. Wasser im ganzen Jahr kühl und sauerstoffreich
4. Sandiger, steiniger Gewässerboden, Wasserpflanzenbewuchs

Hast du das schon gewusst?

- Der Bachflohkrebs ernährt sich von lebenden und verwesenden Pflanzen und von Aas (tote Kleintiere).
- Zahlreiche Flohkrebsarten leben im Meer und sind von dort in unsere Binnengewässer eingewandert.
- Der Höhlenflohkrebs lebt im Grundwasser, in Brunnen und Quellen bei völliger Dunkelheit!



- Die Weibchen der Flohkrebse sind kleiner als die Männchen und werden bis 10-mal während ihres Lebens trächtig (Eizahl jeweils 20 - 100).
- In günstigen Gewässern kann es zur Massenentwicklung kommen, auf einem m^2 Gewässerboden leben dann bis zu 400 Tiere.
- Der „Schutzpanzer“ wächst nicht mit und wird vom Flohkrebs im Laufe seines Lebens bis zu 20-mal abgeworfen (Häutung).

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 132
S. 137 Tafel 16;3

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast WASSERWANZEN gefunden!

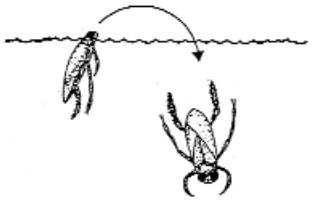
Rückenschwimmer

Ruderwanze

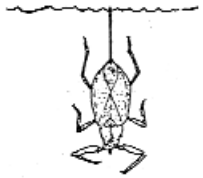
Wasserskorpion

Diese Tiere atmen auf verschiedene Weise den Sauerstoff aus der Luft:

Aufnahme der Atemluft mit dem Hinterleib



Aufnahme der Atemluft mit der Vorderbrust



Atmung mit Hilfe einer Atemröhre

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Pflanzenreiche stehende oder schwach fließende Gewässer aller Art
2. In größeren Schwärmen an der Wasseroberfläche hängend
3. Der Wasserskorpion lauert gern im äußersten Uferbereich auf Beute

Hast du das schon gewusst?

Der Rückenschwimmer ernährt sich von Wasserinsekten und Fischbrut. Mit seinen Mundwerkzeugen kann er stechen. Seine Hinterbeine tragen Schwimmhaare und sind somit gute Ruder.

Die Ruderwanze kann wie der Rückenschwimmer auch fliegen. Sie ernährt sich aber nur von pflanzlichen Stoffen. Ihr Körper ist von einer dünnen Luftschicht umgeben (silbriger Glanz). Sie klammert sich deshalb an Pflanzenteilen fest, um nicht wie ein Korken an die Wasseroberfläche zu treiben.

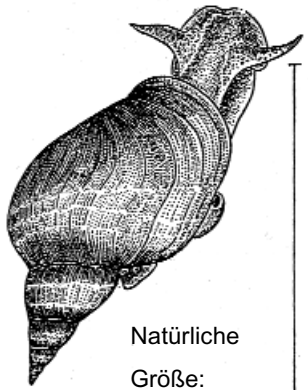
Der Wasserskorpion schwimmt nur ungern. Im seichten Uferbereich ragt seine Atemröhre wie ein „Schnorchel“ über die Wasseroberfläche. Mit dem Rüssel sticht er seine Beute an und saugt sie aus. Für den Menschen ist er völlig ungefährlich!

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

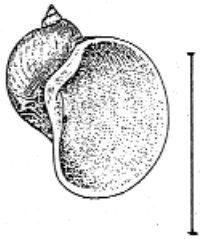
Du hast SCHLAMMSCHNECKEN gefunden!

Diese Tiere haben eine Lunge und atmen Luft!
(Atemloch zum Luftschöpfen)

Unter einer absperrenden Eisdecke im Winter atmen sie mit der Haut (Hautatmung)!



Natürliche Größe:



Spitzschlamm-schnecke

Ohrschlamm-schnecke

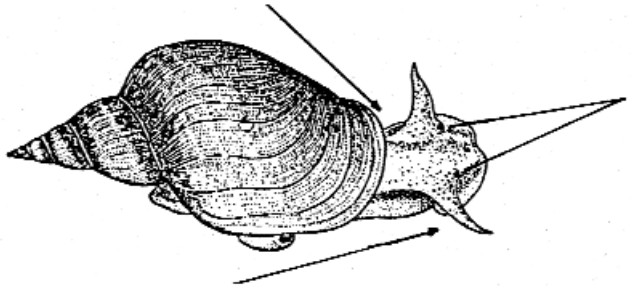
Leberegel-schnecke

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Stehende und langsam fließende Gewässer
2. Kein kalkarmes Wasser
3. Pflanzenreiche Tümpel, Gräben, Sümpfe mit nur mäßig verschmutztem Wasser
4. Die Leberegelschnecke übersteht Trockenzeiten

Hast du das schon gewusst?

- Schlammschnecken passen ihr Gehäuse („Haus“) an ihr Gewässer an. Form und Farbe ihrer Schale können unterschiedlich ausgeprägt sein.
- Diese Wasserschnecken kriechen wie ihre „Verwandten an Land“ auf einem Schleimband, das Drüsen im Vorderteil ihres Fußes erzeugen.



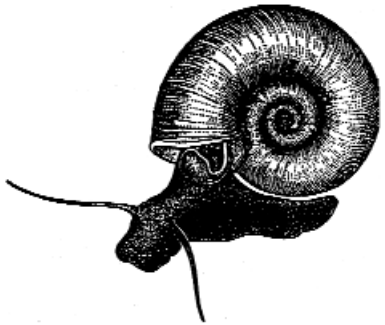
Augen

- Die Haut der großen Fühler hilft der Schnecke entscheidend bei der Hautatmung; diese Fühler kann die Schnecke aber nicht wie die Landschnecken einziehen.
- Die Schnecke hat kleine Steinchen im Magen; diese helfen beim Zerreiben der Nahrungsteilchen (Algen, verwesende Pflanzenteile).
- Schlammschnecken sind Männchen und Weibchen zugleich (Zwitter); die Eier (Laich) heften sie als Gallertkapsel an Pflanzen und Steine.

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

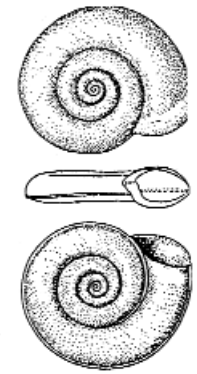
Du hast TELLERSCHNECKEN gefunden!

Posthornschnecke



Natürliche Größe:

Flache Tellerschnecke



Oberseite

Seitenansicht

Unterseite

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Stehende, schlammige Gewässer mit reichem Pflanzenwuchs (Weiher, Tümpel, Gräben)
2. Das Wasser darf nur gering bis mäßig verschmutzt sein
3. Das Gewässer darf nicht austrocknen

Hast du das schon gewusst?

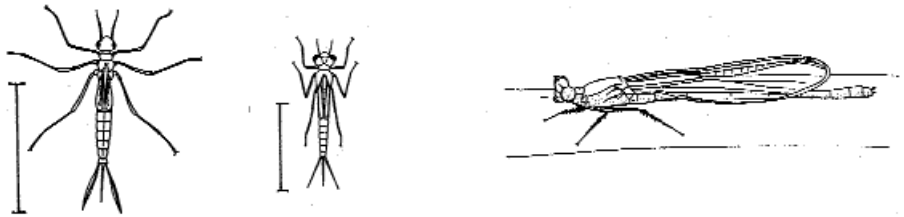
- Die Posthornschnecke hält sich vorwiegend auf dem Grunde ihres Wohngewässers auf und ernährt sich dort von Algen und Pflanzenteilen.
- In sauerstoffreichen Gewässern kommt sie zum Luftholen nur gelegentlich an die Wasseroberfläche. Manchmal hat sie dies gar nicht nötig, eine dünne Hautfalte wirkt dann wie eine Kieme.
- Tellerschnecken können den lebenswichtigen Sauerstoff aus der Luft (Luftatmung) und aus dem Wasser (Wasseratmung) entnehmen!
- Den Winter verbringen sie im Schlamm, vergraben in einer Art Winterschlaf.
- 5 - 30 Eier bilden einen kleinen, kuchenförmigen Gallertklumpen (Laich). Aus ihm schlüpfen die fertig entwickelten Tellerschnecken.

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 238
	S. 244 f Tafel 52;1/2

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast KLEINLIBELLENLARVEN gefunden!



Natürliche Größe:

Verschiedene Larventypen kommen in der Natur vor!

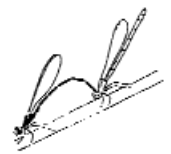
Fertige Kleinlibelle
Flügelpaare werden in Ruhehaltung über dem Rücken zusammengelegt!

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Die Larven der Kleinlibellen sind in den verschiedensten Gewässern anzutreffen, sogar in Hochgebirgstümpeln und Quellen
2. Die meisten Kleinlibellenarten findet man in pflanzenreichen Weihern
3. Einige Arten findet man in langsam fließenden, breiteren Bächen

Hast du das schon gewusst?

- Kleinlibellenlarven sind Räuber; zwischen Wasserpflanzen oder halb im Schlamm vergraben, lauern sie auf ihre Beute, z. B. Einzeller, Kleinkrebse, Würmer und Wasserinsekten.
- Ihre Beute erkennen sie mit ihren leistungsfähigen Augen.
- Mit einer besonderen Fangvorrichtung, der „Fangmaske“, wird das Beutetier ergriffen und anschließend mit den Mundwerkzeugen zerstückelt.
- In der Paarungszeit kannst du Männchen und Weibchen gemeinsam in Form einer „Paarungskette“ oder eines „Paarungsrades“ fliegen oder sitzen sehen.
- Das Weibchen legt bis zu 1500 Eier in Pflanzenteile ober- oder unterhalb des Wasserspiegels ab. Bei manchen Arten werden die Eier auch über dem Wasser abgeworfen.
- Es dauert einige Monate oder sogar bis zu 5 Jahre, bis die Libellenlarven zu fertigen Libellen werden.



Paarungskette

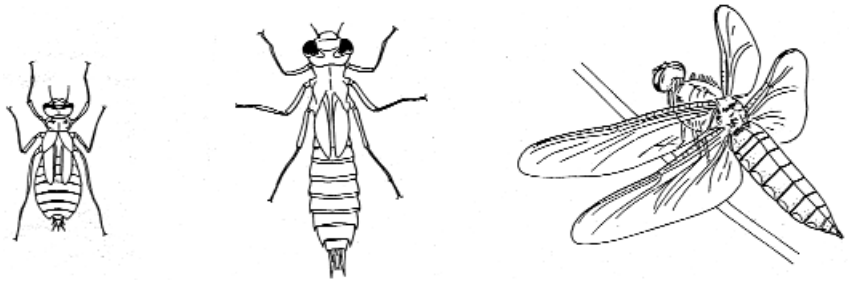
Paarungsrad

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 198 ff

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast GROSSLIBELLENLARVEN gefunden!



In der Natur gibt es verschiedene Larventypen ! Sie gehören verschiedenen Arten an.

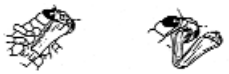
Fertige Großlibelle
Die Flügel werden in Ruhehaltung waagerecht ausgestreckt

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Die Larven der Großlibellen leben in den verschiedensten Gewässern, z. B. in pflanzenreichen Weihern, aber auch in kleinen Tümpeln
2. Einige Arten können wochenlanges Eintrocknen ihres Wohngewässers im Schlamm eingegraben überdauern

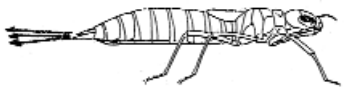
Hast du das schon gewusst?

- Großlibellenlarven sind Räuber und lauern zwischen Wasserpflanzen oder halb im Schlamm vergraben auf Beute (Kleinkrebse, Würmer, Wasserasseln, aber auch Kaulquappen und Jungfische).
- Sie erkennen ihre Beute mit den leistungsfähigen Augen und ergreifen sie mit ihrer zu einem Fangapparat umgestalteten Unterlippe („Fangmaske“).
- Libellenlarven atmen mit dem Enddarm, an dessen Innenseite bis zu 24000 Tracheenkiemen sitzen. Dem in den Enddarm einströmenden Wasser wird der Sauerstoff entzogen.
- Will eine Großlibellenlarve besonders schnell vorwärts kommen, kann sie das Wasser in kurzer Zeit aus dem Darm pressen. Gleich einer „Rakete“ wird sie durch den Rückstoß angetrieben.
- Libellenlarven brauchen für die Entwicklung zur fertigen Libelle einige Monate bis zu 5 Jahre. Nach 10 - 15 Häutungen in dieser Zeit steigen sie in den frühen Morgenstunden an einem Pflanzenstengel an Land. Die Larvenhaut platzt auf, nach mehreren Stunden ist die Libelle flugfähig.



Fangmaske

- Fertige Libellen sind ebenfalls Räuber (Beute: Fluginsekten) mit beeindruckenden Flugkünsten. Für den Menschen sind sie völlig ungefährlich!

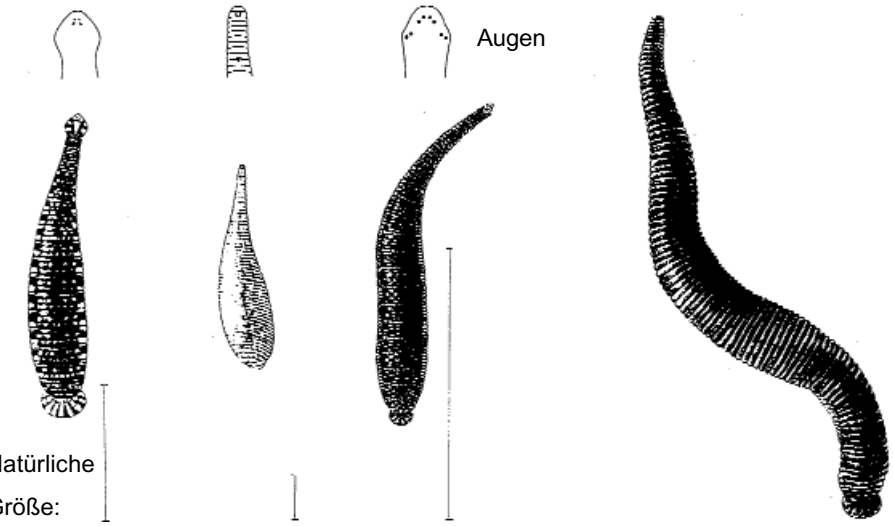


ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast EGEL gefunden!

Diese Tiere sind keineswegs „ekelhaft“!



Platten-egel | zweiäugiger Plattenegel | Rollegel | Pferdeegel

Plattenegel: Saugt Blut von Fischen und Lurchen

Zweiäugiger Plattenegel: Saugt an Schnecken

Rollegel: Rollt sich zusammen

Pferdeegel: Verschlingt kleine Wassertiere

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Pflanzenreiche und seichte Seen, Weiher, Bäche und Gräben mit mäßig belastetem, aber auch stark verschmutztem Wasser
2. Die Egel sind lichtscheu und verbergen sich unter Steinen, Ästen, in Ritzen und unter Pflanzenblättern (Decke dein Fanggefäß nach der Beobachtung bitte zu!)

Hast du das schon gewusst?

- Bei uns gibt es 25 Egelarten, die alle tierische Stoffe (Kleintiere, Blut) als Nahrung benötigen. Für den Menschen sind sie nicht gefährlich!
- Voll gefressen kann ein Egel weit über ein Jahr hungern!
- Manche Egelarten stoßen täglich ihre Körperhaut ab; darunter liegt schon die nächste frische Hautschicht.
- Egel legen ihre Eier in Kokons ab; in ihnen wachsen die Jungtiere geschützt heran. Es gibt Egelarten, die ihre Jungen nach dem Schlüpfen beschützen und mit sich herumtragen. Sie betreiben „Brutpflege“.

Eikokon mit nahezu schlüpfreifen Jungtieren

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 122 ff
	S. 125 Tafel 12

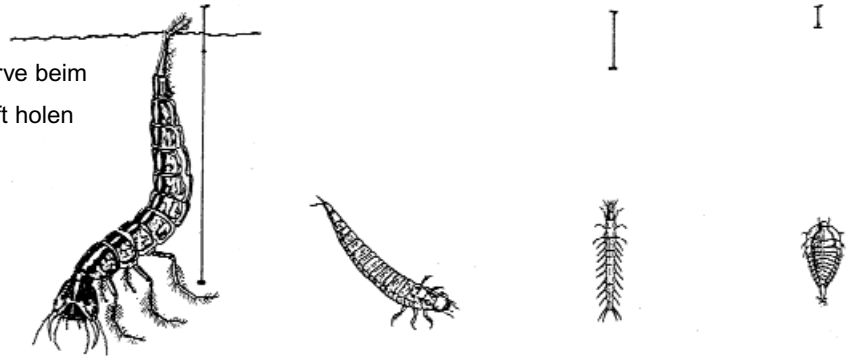
ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast KÄFERLARVEN gefunden!

Natürliche Größe:

Larve beim Luft holen



Geschlechtsreife Tiere:

Natürliche Größe:

Schwimmkäfer (z. B. Gelbrandkäfer) | Wasserkäfer | Taumelkäfer | Hakenkäfer

Hast du das schon gewusst?

- Gelbrandkäferlarven sind sehr gefräßige Räuber. (Setze diese Tiere in ein eigenes Gefäß!) Selbst in Gefangenschaft durchbohren sie sofort ihre Beute (kleine Wassertiere, sogar Kaulquappen, Molchlarven, Fischbrut) mit den dolchartigen Oberkiefern. Eingespritzte Verdauungssäfte lähmen und töten die Beutetiere. Die Weichteile im Innern der Beute werden aufgelöst und durch Kanäle in diesen Kieferzangen eingesaugt.
- Gelbrandkäfer sind ebenfalls Räuber und durch ihre abgeflachte Körperform sehr gut an die Fortbewegung im Wasser angepasst. Ihre Hinterbeine tragen Schwimmborsten und wirken so wie Ruder. Auf der Suche nach geeigneten Gewässern unternehmen Schwimmkäfer häufig weite Flüge.
- Zum Luftholen muss auch der Gelbrandkäfer an die Wasseroberfläche. Mit der Hinterleibsspitze durchstößt er den Wasserspiegel und hebt seine Flügel leicht an. Den Luftvorrat zwischen Flügel und Hinterleib benutzt er dann zum Atmen.

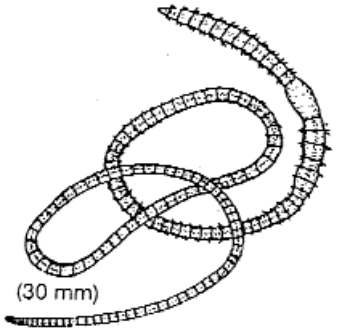
Weitere Informationen über die Wasserkäfer, Taumelkäfer und Hakenkäfer findest du in:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 166 ff
Leben in Bach und Teich	S. 234

ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast SCHLAMMRÖHRENWÜRMER gefunden!



Natürliche Größe:

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Stehende und fließende Gewässer aller Art
2. Schlammröhrenwürmer können auch in stark verschmutztem Wasser leben
3. Sie bevorzugen sandigen oder schlammigen Boden und leben dort oft in dichten Kolonien

Hast Du das schon gewusst?

1. Schlammröhrenwürmer bauen einen senkrecht nach unten führenden Gang oder aus Schlammpartikeln aufragende Röhren („Röhrenwurm“).
2. Die Würmer führen mit dem Hinterleibsende pendelnde Bewegungen aus und strudeln dadurch frisches Atemwasser herbei.
3. Die Nahrung sind Schlammteilchen, die pflanzliche und tierische Abfallstoffe enthalten.

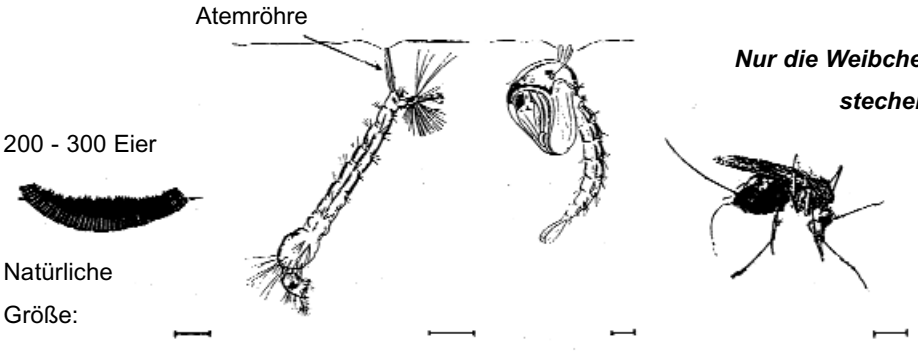
Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 120 f

ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast Larven oder Puppen der STECHMÜCKEN gefunden!



Nur die Weibchen stechen!

Eischiffchen | Larve | Puppe | Fertige Stechmücke

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Kleine stehende, auch stark verschmutzte Gewässer (Wegpfützen, Regentonnen, Wiesentümpel)
2. Möglichst keine Fressfeinde im Wasser (z. B. Fische)

Hast du das schon gewusst?

- Bei uns leben zahlreiche Stechmückenarten; die Weibchen der Stechmücken leben bis zu 6 Wochen, die Männchen viel kürzer.
- Das beim Stechen gesaugte Blut benötigen die Weibchen zur Reifung der Eier.
- Die Männchen „tanzen“ in großen Schwärmen über erhöhten Punkten (Baumgruppen, Heustadel, Köpfe von Personen).
- In geeigneten Gewässern kommen die Larven oft massenhaft vor; bei Störungen fliehen sie blitzschnell zum Gewässergrund.
- Stechmückenlarven fressen Algenzellen und Planktonorganismen.
- Mit einer Atemröhre atmen sie Luft; sie dient auch als Aufhängeapparat an der Wasseroberfläche!
- Etwa eine Stunde nach dem Schlüpfen aus der Puppenhülle kann die Stechmücke fliegen!

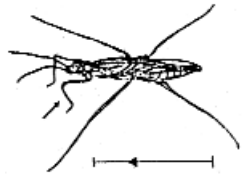
Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 183 f
	S. 187 Tafel 32;1/2

ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast einen WASSERLÄUFER gefunden!



Vorderbeine

Natürliche Größe:

Wo fühlt sich dieses Tier wohl?

1. Die Wasserläufer leben auf der Oberfläche stehender oder langsam fließender Gewässer
2. In Mitteleuropa gibt es 10 Arten, die sich entweder auf der freien Wasserfläche, im Uferbereich oder in der Nähe von Wasserpflanzen (Teichrosen, Seerosen) aufhalten

Hast du das schon gewusst?

- Wasserläufer nutzen die Oberflächenspannung des Wassers aus.
- Die flach ausgebreiteten Mittel- und Hinterbeine verhindern, dass das Tier im Wasser versinkt. Ein lufthaltiger Haarfilz verhindert eine Berührung mit dem Wasser.

Wie leben Wasserläufer?

1. Wasserläufer können auf der Wasseroberfläche weite Sprünge vollführen.
2. Ihre Nahrung besteht vorwiegend aus lebenden und toten Insekten, die auf die Wasseroberfläche gefallen sind.
3. Während der Fortpflanzungszeit lassen sich die meist kleineren Männchen oft tagelang von den Weibchen auf dem Rücken umhertragen. Die Eier werden dicht unter dem Wasserspiegel an Pflanzenteilen abgelegt.
4. Bei der Eiablage tauchen Männchen und Weibchen, von einer Lufthülle umgeben, bis zu 30 Minuten unter den Wasserspiegel.
5. Die aus den Eiern schlüpfenden Larven müssen sich 5-mal häuten, bis sie fertige Wasserläufer sind.

Zum Weiterlesen:

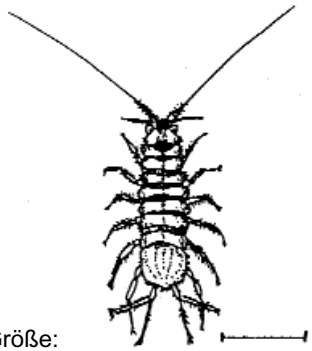
Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 158 ff

ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast eine WASSERASSEL gefunden!

Natürliche Größe:



Wo fühlt sich dieses Tier wohl?

1. Stehende und langsam fließende Gewässer
2. Sauerstoffgehalt kann stärker absinken
3. Die Wasserassel erträgt stark verschmutztes Wasser
4. Lebensraum am Gewässerboden zwischen Laub und absterbenden Pflanzen (verwesende Stoffe dienen als Nahrung)

Hast du das schon gewusst?

- Wasserasseln können kriechen, klettern und schwimmen.
- Zahlreiche Arten leben im Meer, eine Art dagegen nur in Mitteleuropa.
- Beim Weibchen bilden die Brustbeinpaare in der Fortpflanzungszeit einen „Brutsack“, in dem sich bis zu 50 Eier befinden.
- Die heranwachsenden Jungen bleiben 3 - 6 Wochen lang im schützenden Brutsack und verlassen ihn dann als völlig fertig entwickelte, aber noch kleine Wasserasseln.
- Wasserasseln werden etwa ein Jahr alt.

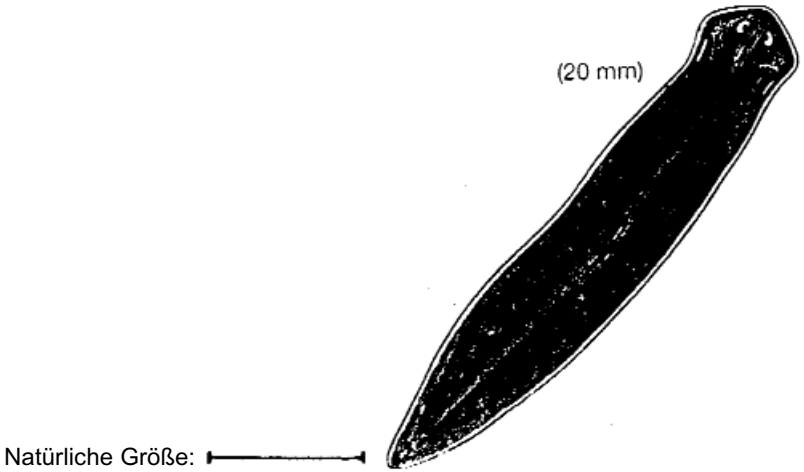
Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 131 f
	S. 137 Tafel 16;1

ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast einen STRUDELWURM gefunden!



Wo fühlt sich dieses Tier wohl?

1. Einige der etwa 400 europäischen Arten bevorzugen wärmere, stehende und pflanzenreiche Gewässer, andere lieben kühles und bewegtes Wasser, z. B.Gebirgsbäche
2. Einige Arten stellen sehr hohe Ansprüche an die Wasserqualität, andere kommen auch mit leicht verschmutztem Wasser zurecht

Hast du das schon gewusst?

- Strudelwürmer haben zur Fortbewegung und zum Herbeistrudeln von frischem Atemwasser ein dichtes Wimpernkleid.
- Diese Tiere sind Raubtiere, ihre Nahrung besteht aus Kleinkrebsen, Würmern und Insektenlarven. Verdauungssekrete lösen die Beute auf.
- Unglaublich! Aus dem tausendsten Teil eines Strudelwurmes kann ein neuer Strudelwurm entstehen (Fähigkeit zur „Regeneration“).

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 114 f
S. 118

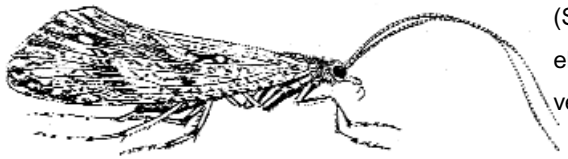
ERKUNDEN DER LEBENSGEMEINSCHAFT MITTELS BESTIMMUNGSKARTEN

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Du hast Larven von KÖCHERFLIEGEN gefunden!

Köcherfliegenlarve in ihrem „Köcher“, (hier aus kleinen Steinchen).

So sieht die Larve ohne den Köcher aus! Sie verlässt ihn aber niemals freiwillig!



Fertige Köcherfliege
(Sie ist keine „Fliege“, sondern eher mit den Schmetterlingen verwandt)

Natürliche Größe:

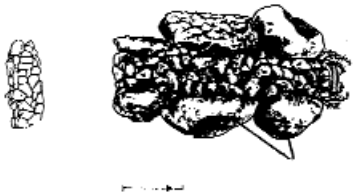
Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Köcherfliegenlarven leben in den verschiedensten Gewässern (fließend/ stehend)
2. Manche Arten brauchen völlig sauberes, sauerstoffreiches Wasser, andere Köcherfliegenlarven kommen auch in leicht verschmutztem Wasser vor

Hast du das schon gewusst?

Viele Köcherfliegenlarven haben zum Schutz des weichen Hinterleibes einen „Köcher“ (wie der Köcher für Pfeile). Seine Bauweise ist dem Lebensraum sehr gut angepasst.

Natürliche Größe:



Pflanzenteile /Schneckengehäuse usw. (leichtes Baumaterial für stehende Gewässer)

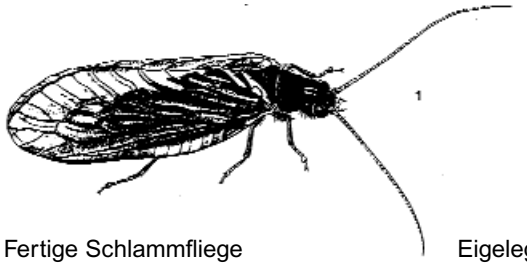
Sand/Steinchen/Ballaststeine usw. (schweres Baumaterial für fließende Gewässer)

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?	S. 220 ff
	S. 227 Tafel 47

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

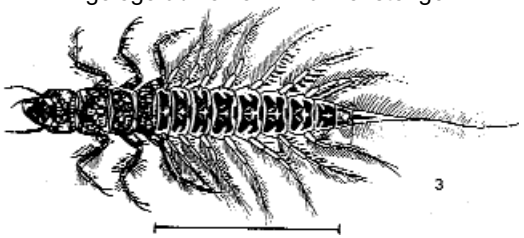
Du hast SCHLAMMFLIEGEN gefunden!



Fertige Schlammfliege

Eigelege auf einem Pflanzenstengel

Natürliche Größe:



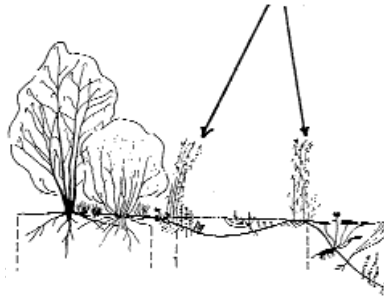
Larve der Schlammfliege

Wo fühlen sich diese Tiere wohl?

1. Schlammfliegen sitzen im Frühsommer oft in großer Zahl auf Schilf und Ufergebüsch
2. Die Larven bewohnen den Schlammgrund verschiedenster, auch stärker verschmutzter Gewässer, oftmals in größeren Tiefen

Hast du das schon gewusst?

- Die fertigen Schlammfliegen haben vier Flügel und sind deshalb mit den Fliegen, die zwei Flügel haben, nicht näher verwandt. Sie fliegen nur ungern, meist kriechen sie langsam umher.
- Die Weibchen bringen die Eigelege auf Blättern und Stengeln über dem Wasserspiegel an, z. B. an Schilfblättern.



- Aus dem Gelege schlüpfende Junglarven fallen ins Wasser hinab und beginnen dort ihre zweijährige Entwicklungszeit.
- Schlammfliegenlarven sind gewandte Räuber, ihre Beute sind Zuckmücken, Erbsenmuscheln und Würmer. Bei der Nahrungssuche durchwühlen sie intensiv den Schlammgrund des Gewässers.
- Nach zwei Jahren und neun Häutungen kriechen sie an Land und verwandeln sich dort in einem selbstgegrabenen Erdloch in eine fertige Schlammfliege.

Zum Weiterlesen:

Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? S. 214 ff

4.5 GÜTEBESTIMMUNG NACH MEYER (KLASSE 4-6)

Zur Bestimmung der Gewässergüte werden die auf der folgenden Seite abgebildeten Tiere gesucht. Alle wieder erkannten Tierarten werden auf dem Protokollblatt ausgemalt. Das Protokollblatt ist in drei Abschnitte gegliedert, die den folgenden Gewässergüten zugeordnet sind:

- Unbelastetes Wasser
- Kritisch belastetes Wasser
- Stark verschmutztes Wasser

Die biologische Güte des Gewässers ergibt sich daraus, aus welchem Feld die meisten Tiere aufgefunden wurden.

ARBEITSBOGEN 4.5.1

BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN GÜTE EINES GEWÄSSERS MITTELS WIRBELLOSER TIERE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Male alle Tiere aus, die du im Wasser gefunden hast,
zähle in jeder Gruppe aus, wie viele es waren,
und bestimme die Gewässergüte!

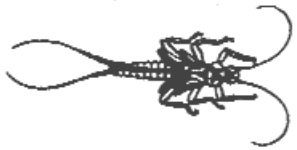
Bachflohkrebs

Spitzschlammschnecke

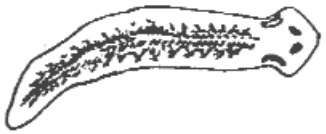
Rattenschwanzlarve

Eintagsfliegenlarve

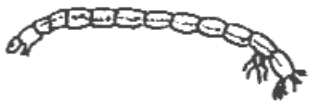
Wasserassel



Steinfliegenlarve

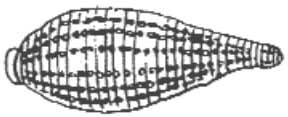


Strudelwurm



Zuckmückenlarve

Köcherfliegenlarve



Egel

Schlammröhrenwurm

unbelastetes Wasser | **belastetes Wasser** | **stark verschmutztes Wasser**

Verändert nach MEYER, D. (1990): Makroskopisch-biologische Feldmethode zur Wassergütebeurteilung von Fließgewässern. Hannover (BUND)

4.6 GÜTEBESTIMMUNG, nach WASSMANN/XYLANDER & NAGLSCHMID (KLASSE 5-10)

Eine gleichermaßen ob ihrer Treffsicherheit und ob ihrer leichten und schnellen Durchführung beliebte Methode ist die Gütebestimmung nach WASSMANN/XYLANDER & NAGLSCHMID*.

** Nach XYLANDER, W. & NAGLSCHMID, F. (1985): Gewässerbeobachtung, Gewässerschutz, Leitfaden zur erfolgreichen Umweltarbeit. Stuttgart (Verlag Staphanie Naglschmid).*

BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN GÜTE EINES GEWÄSSERS MITTELS WIRBELLOSER TIERE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Zunächst sind die Tiergruppen zu bestimmen und die Anzahl unterschiedlicher Formen in den einzelnen Tiergruppen festzustellen. Hierbei kann die Abbildung auf der nächsten Seite zu Hilfe genommen werden. Dabei verfahre folgendermaßen:

- Gehe nach rechts (durchgezogener Pfeil), wenn du die Frage mit „ja“ beantworten kannst.
- Gehe nach unten weiter (gestrichelter Pfeil), wenn du die Frage mit „nein“ beantworten musst.

Zur Auswertung benutze die Tabelle „Auswertungsprotokoll“.

1. Kreuze die im Untersuchungsgewässer aufgefundenen Tiergruppen in der Spalte 1 an.
2. Trage die Anzahl der unterschiedlichen Arten der jeweiligen Tiergruppe in Spalte 2 ein.
3. Zähle Spalte 2 zusammen und trage das Ergebnis in dem Feld Gesamtformenzahl ein.
4. Die Tiere mit den höchsten Ansprüchen an ihren Lebensraum stehen in der Tabelle oben. Suche die am höchsten stehende Tiergruppe aus und bestimme in der Spalte 3 die Entscheidungsklasse A, B, C, D oder E. Werden mehrere Klassen angegeben, steht in Klammer, bei wie viel unterschiedlichen Tierformen die jeweilige Klasse gilt.
5. Mit Hilfe der Entscheidungsklasse und der Gesamtformenzahl kann in der 2. Tabelle die biologische Güte des Gewässers, der Lebensgemeinschaft, bestimmt werden.

1.: AUSWERTUNGSPROTOKOLL

Tiergruppe	Spalte 1 gefunden	Spalte 2 Artenzahl	Spalte 3 Entscheidungsklasse
Steinfliegenlarve			A (2 oder mehr), B (1)
Eintagsfliegenlarve			B (ab 3), C (2), weiter (2 oder 1)
Köcherfliegenlarve			B (4), C (1-3)
Flohkrebs			C (2), weiter (1)
Schlammfliegenlarve			Immer D
Wasserassel			Immer D
Egel			Immer D
Schlammröhrenwurm			Immer E
Muschel			Ohne Einfluss
Schnecke			auf die
Plattwurm			Entscheidungsklasse
Mückenlarve			
Wassermilbe			
Käfer, Käferlarven			
	Anzahl der Arten:		**Entscheidungsklasse:**

2.: TABELLE ZUR BESTIMMUNG DER GEWÄSSERGÜTE

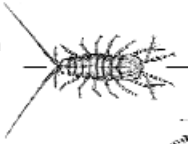
Entscheidungsklasse	Gesamtformenzahl: 0 - 1	2 - 8	9 - 15	ab 16
A		2	2	1
B	4	3	2	2
C	5	4	3	2
D	5	5	4	3
E	5	5	5	4

Schulbiologiezentrum Biedenkopf (2002): Bestimmungsschlüssel für die häufigsten wirbellosen Tiere in Fließgewässern. Abbildungen aus Barndt, G. & Bohn, B. (1985): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. Berlin (Pädgogisches Zentrum), verschiedentlich nachgedruckt, und Schulbiologiezentrum Biedenkopf (1998): Handbuch HESSNET(*)

BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN GÜTE EINES GEWÄSSERS MITTELS WIRBELLOSER TIERE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Tiere mit Beinen? — **ja** →

mehr als 4 Beinpaare? →
- Körper seitlich abgeflacht, Rückenlinie gebogen? → → **FLOHKREBS** 10 - 20 mm
- Körper oben und unten abgeflacht? →  → **WASSERASSEL** 12 mm

nein

4 Beinpaare, kugelförmiger Körper? → → **WASSERMILBE** 1 - 3 mm

3 Anhänge am Hinterleibsende? →
- Hinterleibsanhänge abgeflacht? → → **LIBELLENLARVE** 28 mm
- Hinterleibsanhänge fadig? → → **EINTAGSFLIEGENLARVE** 4 - 23 mm

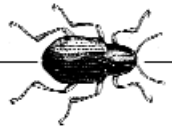
2 Anhänge am Hinterleibsende? → → **STEINFLIEGENLARVE** 5 - 30 mm

1 Anhang am Hinterleibsende? → → **SCHLAMMFLIEGENLARVE** 20 - 40 mm

mit Köcher? →

Hinterleib mit weißen Büscheln? → → **KÖCHERFLIEGENLARVE** 4 - 40 mm

mit beinartigen Nachschiebern? →

mit Flügeln? →  → **KÄFER** 1,5 - 12 mm

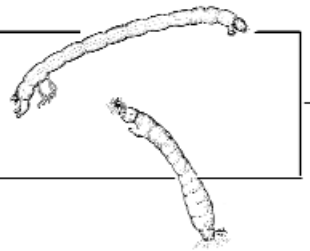
andere Merkmale? → → **KÄFERLARVE** 3 - 12 mm

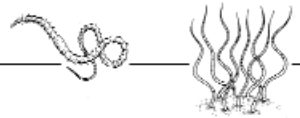
mit Schale oder Gehäuse? →
- Schale zweiklappig? → → **MUSCHEL** 10 - 120 mm
- Gehäuse einteilig? → → **SCHNECKE** 5 - 60 mm

stark abgeflachter Körper? → → **PLATTWURM** 10 - 120 mm

mit Saugnapf an beiden Körperenden? → → **EGEL** 1 - 27 mm

mit Fußstummeln und Nachschiebern? →

mit keulig verdicktem Hinterleib? →  → **MÜCKENLARVE** 6 - 20 mm

sehr langgestreckt, häufig rot gefärbt, in Röhren lebend? →  → **SCHLAMMRÖHRENWURM** 50 - 85 mm

4.7 GÜTEBESTIMMUNG MITTELS DES SAPROBIENINDEX (KLASSE 9-13)

Mit Hilfe der im Anhang beigefügten Bestimmungstafeln „Hilfen zur Bestimmung wirbelloser Tiere“ werden die Tiere identifiziert. Hierbei gelangt man zunächst über einen Hauptschlüssel, der nach dem Alternativverfahren aufgebaut ist, zu den größeren systematischen Gruppen. Innerhalb dieser Gruppen werden die Tiere mit Hilfe der Bilder vergleichend bestimmt. Wichtige, mit der Lupe oder dem unbewaffneten Auge erkennbare Merkmale sind den Abbildungen erläuternd hinzugefügt.

Die Bestimmung der Tiere endet in den meisten Fällen bei der Art bzw. Gattung. Bei einigen sehr schwer bestimmbaren Tieren wird sogar nur die Familie angegeben. Dies ist beabsichtigt, da die makroskopisch-biologische Wassergütebeurteilung hier als Feldmethode für Schüler angelegt ist und nicht als Labormethode, bei der mit Stereomikroskopen und detaillierteren Bestimmungsbüchern Gattungen bzw. Arten genauer erkannt werden können. Die Artbestimmung innerhalb vieler Familien (Eintagsfliegen-, Steinfliegen-, Köcherfliegen- und Zuckmückenlarven) ist ohnehin nur wenigen Spezialisten möglich.
Die Saprobienbestimmung ist jedoch mit den aufgeführten Gattungen bzw. Familien ausreichend gesichert.

Die Individuenzahlen der ermittelten Arten bzw. Gattungen werden unter h (Häufigkeit) in das Feldprotokoll „Bestimmung der biologischen Güte eines Gewässers mittels wirbelloser Tiere“ eingetragen. Bei massenhaftem Auftreten einer Art genügt es, die Individuen bis 150 durchzuzählen. Dies hat sich als ausreichend erwiesen, da

- bei weiterem Durchzählen die Güteberechnung nicht genauer wird,
- die Tiere geschont werden (selbst bei sehr vorsichtigem Umsetzen aus der Schale in den Eimer können zarte Anhänge der Tiere beschädigt werden),
- auch Hydrobiologen zur Gewässergütebestimmung häufig nur mit Schätzwerten arbeiten und Individuenzahlen von über 150 als massenhaft definieren.

Unabhängig von der Protokollierung der Indikatorarten sollten möglichst alle weiteren Arten bestimmt und mit ihren Individuenzahlen in das Protokoll aufgenommen werden. Hierdurch lernen die Schüler noch andere Fließgewässerbewohner kennen. Außerdem geben indifferente Arten zusätzlich Hinweise auf die Stabilität der Biozönose.

Nach der Berechnung des Saprobienindex kann die Gewässergüte aus der Tabelle des Arbeitsbogens 4.7.2, Seite 4, oder der Tabelle „Gütegliederung der Fließgewässer“ aus 4.1 (s. 4/235 bis 4/236) entnommen werden.

Barndt, G. & Bohn, B. (1985): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. Mit Zeichnungen von W. Roloff. Berlin (Pädagogisches Zentrum). Verschiedentlich nachgedruckt. S. 14-15 und Bestimmungstafeln.

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

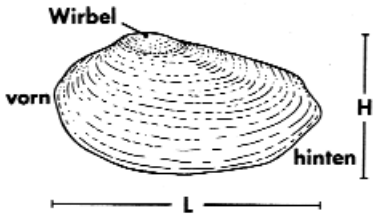
ERLÄUTERUNGEN ZU DEN BESTIMMUNGSTAFELN

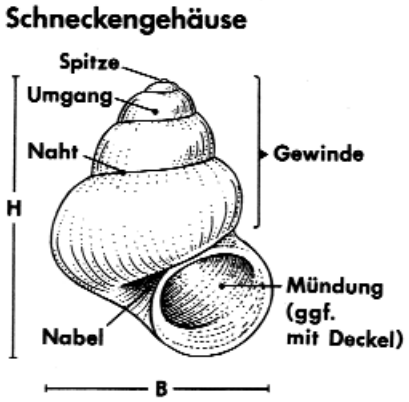
Handhabung des Hauptschlüssels

Der Hauptschlüssel fußt auf paarweise angeordneten Gruppen von gegensätzlichen Merkmalen (1 und 1*, 2 und 2* usw.). Der Benutzer entscheidet sich nach Prüfung dieser Merkmale für die zutreffende Gruppe. Eine Punktreihe führt nun in die Mitte der Seite zu einer Zahl (...2. ...3 usw.), die angibt, bei welcher Merkmalsgruppe fortgefahren wird. Die Bestimmung wird so lange fortgesetzt, bis man zu einer Ordnung gelangt (fettgedruckt), z. B. Strudelwürmer, Insektenlarven. Die dort stehende Nummer der Abbildung gibt an, wo die Bestimmung bis zum Familien-, Gattungs- oder Artnamen fortgeführt wird. Als Entscheidungshilfe findet man am rechten Seitenrand schematisierte Abbildungen.

Handhabung der Bestimmungstafeln

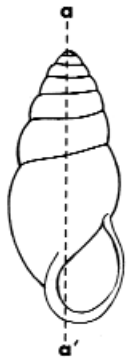
Die Tafeln sollen eine Bestimmung im Gelände ermöglichen, wobei als optische Hilfsmittel nur eine zehnfach vergrößernde Lupe vorausgesetzt wird. Die Bestimmung erfolgt durch vergleichende Betrachtung des Tieres mit den Abbildungen. Wichtige, mit der Lupe bzw. dem bloßen Auge erkennbare Merkmale sind am linken Seitenrand beschrieben und in den Abbildungen mit Pfeilen gekennzeichnet. Am rechten Seitenrand findet man Namen, Größe sowie den Saprobienindex (s) der Art.





Abkürzungen

L	Länge
B	Breite
H	Höhe
V.-	Vorder-
H.-,	Hinter-



Angegeben ist die maximale Länge, Breite oder Höhe der größten erwachsenen Vertreter der beschriebenen Gruppe (ohne Körperanhänge)

Ermittlung der Windungsrichtung:

Das Gehäuse wird so gehalten, dass die Spitze nach oben und die Mündung auf den Betrachter zeigt. Liegt die Mündung rechts von der senkrechten Gehäuseachse (a-a'), so ist das Gehäuse rechts gewunden. Liegt sie links davon, ist es links gewunden.

HILFEN ZUR BESTIMMUNG WIRBELLOSER TIERE / ABB. 4.7.2 - 4.7.3

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Hauptschlüssel

1 Schale oder Gehäuse vorhanden
Mollusca – **Weichtiere** → **4.7.4 – 4.7.6**

1* Schale oder Gehäuse nicht vorhanden 2

2 frei beweglich 3

2* festsitzend
Porifera – **Schwämme** → **4.7.3**
Coelenterata – **Süßwasserpolypen**

3 Körper ungegliedert 4

3* Körper gegliedert oder geringelt 5

4 Fortbewegung schlängelnd, weiß
Nematoda – **Fadenwürmer** →

4* Bewegung gleitend
Turbellaria – **Strudelwürmer** → **4.7.3**

5 Körper ohne gegliederte Beine 6

5* Körper mit gegliederten Beinen 7

6 Körper mit deutlichen Anhängen (Borsten, Stummelfüße) 8

6* Körper ohne Anhänge 9

7 drei Beinpaare 10

7* mehr als drei Beinpaare
Krebse und Spinnentiere → **4.7.6 - 4.7.7**

8 Kopf meist nicht deutlich sichtbar
Diptera – **Fliegenlarven** → **4.7.12**

8* Kopf deutlich sichtbar
Diptera – **Mückenlarven** → **4.7.12 - 4.7.13**

9 Körper ohne Saugnapf
Oligochaeta – **Wenigborster** → **4.7.3**

9* Körper mit wenigstens einem deutlichen Saugnapf am Körper
Hirudinea – **Egel** → **4.7.4**

10 mit vollentwickelten Flügeln
Hexapoda – **Insekten** → **4.7.14 - 4.7.15**

10* mit Stummelflügeln oder ohne Flügel
Hexapoda – **Insektenlarven** → **4.7.8 - 4.7.14**

Schnecken

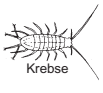
Muscheln

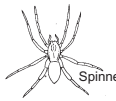
Schwämme

Süßwasserpolypen

Fadenwürmer

Strudelwürmer


Krebse


Spinnentiere

Fliegenlarven

Mückenlarven

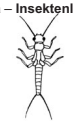
Wenigborster

Egel

Insekten (Käfer)

Insekten (Wanzen)

Eintagsfliegenlarven **4.7.8 - 4.7.9**


Steinfliegenlarven **4.7.10**

Köcherfliegenlarven (köchertragender Typ) **4.7.11**

Köcherfliegenlarven (köcherloser Typ) **4.7.11**

Libellenlarven **4.7.12**

Käferlarven **4.7.14**

4.7.3

Schwämme (Porifera) — Festsitzend. Körper ohne typische Formen: Klumpig oder geweihartig verzweigt.

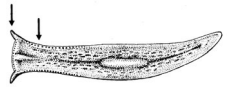
Süßwasserschwämme (Spongillidae) — s : 2,0

Strudelwürmer (Turbellaria) — Langgestreckt. Bauchseite liegt Unterlage ganz auf. Kopfteil mit Augen.

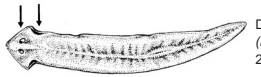
In Gebirgsbächen: 2 Augen, weit vom Stirnrand entfernt. 2 Tentakeln.

Alpenstrudelwurm *(Crenobia alpina)* 16 mm — s : 1,0

In kalten Bächen und Quellen: Viele Randaugen. 2 Tentakeln.


Vielaugenstrudelwurm *(Polycelis felina)* 18 mm — s : 1,0

Dreieckiger Kopf mit seitlichen „Öhrchen". 2 Augen.


Dreieckskopfstrudelwurm *(Dugesia gonocephala)* 25 mm — s : 1,3

Übrige wichtige Strudelwürmer mit gewisser Toleranz gegenüber Gewässerbelastungen (Tricladida):

Polycelis nigra 12 mm

Dugesia lugubris 20 mm

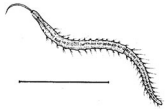
s : 2,2

Planaria torva 20 mm

Dendocoelum lacteum 26 mm

Wenigborster (Oligochaeta) — Körper segmentiert mit winzigen Borsten pro Segment.

Bildet Tierketten. Durchsichtig. Fadenförmiger Fühler am Kopf.


Teichschlange *(Stylaria lacustris)* 20 mm — s : 2,0

Rötlich gefärbt. Lebt in Kolonien im Schlamm. Hinterende ragt heraus, macht pendelnde Bewegungen.

Schlammröhrenwurm *(Tubifex tubifex)* 80 mm — s : 3,8

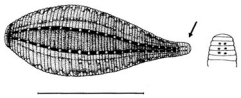
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

4.7.4

Egel
(Hirudinea)

Hinterende mit Saugnapf. Spannerraupenartige Bewegungen.

- Mit 2 deutlich abgesetzten, großen Haftscheiben an den Körperenden. Mundscheibe mit 4 Augen.

  Gemeiner Fischegel *(Pisciola geometra)* 100 mm — s : 2,0
- Körper fest, knorpelig, stark abgeflacht. 3 Paar Augen. Auf jedem 3. Rückenring runde Warzen.
  
  Großer Schneckenegel *(Glossiphonia complanata)* 30 mm — s : 2,2
- Farblos oder hell-grau-braun. 2 Augen. Querovale dunkle Platte auf Rücken.

  Zweiäugiger Plattegel *(Helobdella stagnalis)* 10 mm — s : 2,6
- Braun, mit helleren Flecken. 8 Augen.

  Rollegel *(Erpobdella octculata)* 60 mm — s : 3,0

Plattegel und Rollegel: Bewegungsformen

Plattegel: breiter Hinterleib.

Rollegel: lang ausgestreckt.

Schnecken
(Gastropoda)

Schale spiralig gewunden. Kopf mit 1 Paar Fühlern, Kriechfuß.

- Schale spitzhaubenförmig. Mündung eiförmig.

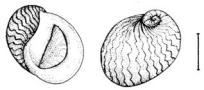
  Flussnapfschnecke *(Ancylus fluviatilis)* L 7 / B 5 / H 4 mm — s : 1,8
- Schale schildförmig.

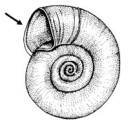
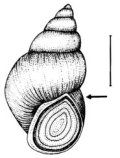
  Teichnapfschnecke *(Acroloxus lacustris)* L 7 / B 3 / H 2 mm — s : 2,0
- In Quellbächen: klein, 4 - 5 Umgänge. Spitze stumpf. Mündung stumpfeckig.

  Quellenschnecke (*Bythinella* spec.) H 4 mm — s : 1,0

4.7.5

Schnecken
(Fortsetzung)

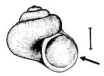
- In strömenden Gewässern, auch in der Ebene: Schale eiförmig, dickwandig. Gewinde kaum erhoben. Weißlich, mit Netzzeichnung.
  
  Flussschwimmschnecke *(Theodoxus fluviatilis)* L 12 mm — s : 1,5
- Gewinde lang ausgezogen, spitz: fast so hoch wie Mündung. Letzter Umgang bauchig.

  Spitzschlammschnecke *(Lymnaea stagnalis)* H 60 mm — s : 1,9
- Schale in einer Ebene aufgerollt. Mündungsrand schief, herzförmig.
  
  Posthornschnecke *(Planorbarius corneus)* H 14 mm — s : 2,0
- Mündung spitz-oval. Deckel mit konzentrischem Kern. 5 - 5 1/2 Umgänge.
  
  Langfühlerige Schnauzenschnecke *(Bithynia tentaculata)* H 12 mm — s : 2,3
- Gewinde kurz, kegelförmig, stumpf. Mündung eiförmig. Form variabel.

  Eiförmige Schlammschnecke *(Radix peregra f. ovata)* H 20 mm — s : 2,5
- Gewässer in 700-1000 m Höhe: Schale linksgewunden. Spitze abgerundet. 4 Umgänge.

  Quellen-Blasenschnecke *(Physa fontinalis)* H 12 mm — s : 2,0
- Schale links gewunden. Spitze spitz. 6 Umgänge.

  Physa acuta H 12 mm — s : 3,0
- Schale rundlich, kegelförmig gebändert. Stufig abgesetzte Windungen. 6 Umgänge.

  Sumpfdeckelschnecke *(Viviparus viviparus)* H 40 mm
- Klein. Schale kreiselförmig mit niedrigem Gewinde. Mündungsrand und Deckel kreisrund.
  
  Valvata piscinalis *(Valvatidae – Federkiemenschnecken)* H 5 mm

HILFEN ZUR BESTIMMUNG WIRBELLOSER TIERE / ABB. 4.7.6 - 4.7.7

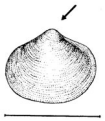
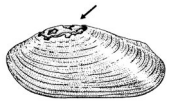
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

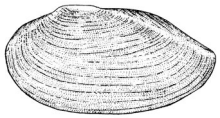
4.7.6

Muscheln (Bivalvia) — Schale zweiklappig, Kopf fehlt, beilförmiger Fuß.

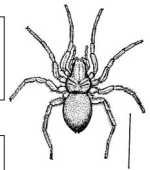
- Schale dreikantig, kahnförmig. Zickzack-Zeichnung. Mit Sekretfäden an Steinen o. ä. festsitzend.

  Wandermuschel *(Dreissenia polymorpha)* 30 mm — s : 2,0
- Kleinste Muschel. Schale ungleichseitig. Wirbel nicht mittelständig.

  Erbsenmuschel (*Pisidium* spec.) 8 mm — s : 1,8
- Schale gleichseitig. Wirbel mittelständig.
  
  Kugelmuschel (*Sphaerium* spec.) 22 mm — s : 2,5
- Kalkarme Fließgewässer: Schale nierenförmig, dickwandig, schwer. Rostbraun bis schwarz. Sehr selten!
  
  Flussperlmuschel *(Margaritifera margaritifera)* 120 mm — s : 1,0
- Schale kräftig. Schloss mit Haupt- und Seitenzähnen.

  Flussmuschel *(Unionidae)* 90 mm — s : 2,0
- Schale dünnwandig. Schlosszähne nicht vorhanden. Länglich eiförmig.
  
  Teichmuschel (*Anodonta* spec.) 200 mm

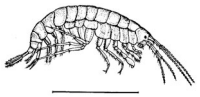
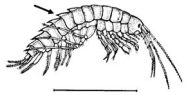
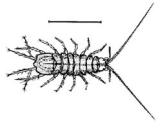
Spinnentiere (Arachnida) — Vier Beinpaare. Kopf und Brust verwachsen. Flügel- und antennenlos.

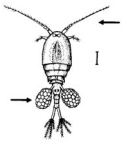
- Braun. Dichtes Haarkleid. Webt unter Wasser glockenförmige Netze, die mit Luft gefüllt werden.
  
  Wasserspinne *(Agryoneta aquatica)* 15 mm
- Rot oder bunt gefärbt. Viele Arten. Sehr klein!

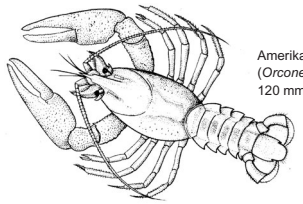
  Wassermilben (Hydrcarina) bis 5 mm

4.7.7

Krebstiere (Crustacea) — Meist mehr als 4 Beinpaare. Bei einigen Arten von Schale verdeckt.

- Körper seitlich zusammengedrückt. Hell, einfarbig.
  
  Gemeiner Flohkrebs *(Gammarus pulex)* 20 mm — s : 2,0
- Körper seitlich zusammengedrückt. Gekielte Segmente auf dem hinteren Rücken. Hell, einfarbig.
  
  Flußflohkrebs *(Gammarus roeseli)* 20 mm — s : 2,3
- Körper dorso-ventral abgeflacht. Grau-braun.
  
  Wasserassel *(Asellus aquaticus)* 12 mm — s : 3,0
- Durchsichtig. Hüpfende Bewegung. 2 große verästelte Antennen sichtbar.

  Wasserfloh (Cladocera) Bsp. *Daphnia pulex* 4 mm
- 1. Antennenpaar groß. Weibchen mit Eipaketen. Ruckartige Bewegungen.
  
  Hüpferling (Copepoda) Bsp. *Cyclops* spec. 3 mm
- Muschelartige, zweiklappige Schale.

  Muschelkrebs (Ostracoda) 2 mm
- Hinterleib mit auffälligen roten Querflecken.
  
  Amerikanischer Flußkrebs (*Orconectes limosus*) 120 mm

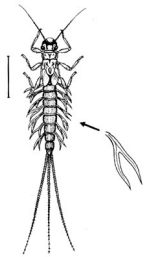
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

4.7.8 **Insektenlarven** (Hexapoda)

Eintagsfliegenlarven (Ephemeroptera) — Meist drei lange Schwanzborsten. Tracheenkiemen seitlich am Hinterleib.

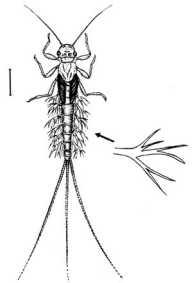
In stehenden und fließenden Gewässern der Ebene des Mittelgebirges:

Die 7 Paar Kiemen bestehen aus je 2, am Grunde verschmolzenen Fäden.



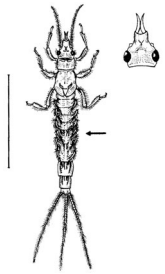
Habroleptoides modesta
10 mm
s : 1,4

7 Paar bäumchenartige (nicht blattförmige) Kiemen am Hinterleib. Klein!



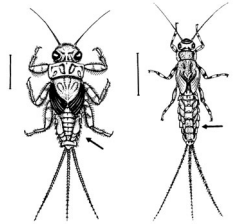
Habrophlebia spec.
6 mm
s : 1,6

7 Paar federförmig gefranste Kiemen schräg über Hinterleib. Oberkiefer dolchartig den Kopf überragend.



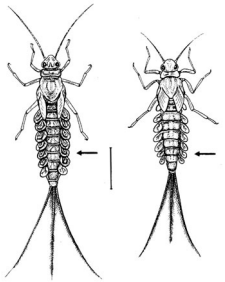
Ephemera spec.
23 mm
s : 1,7

5 Paar Kiemenblätter dachziegelartig auf Oberseite des Hinterleibes. Das 4. und 5. Paar oft verdeckt.



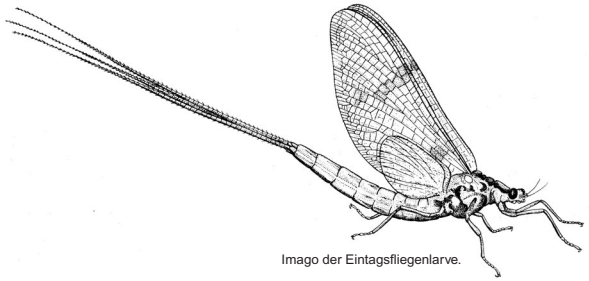
Fam. Ephemerellidae
10 mm
s : 1,6

7 Paar Kiemenblätter am Hinterleib. Sie können doppelt (Cloëon) oder einfach (Baëtis) sein. Kopf senkrecht zur Körperachse.



Fam. Baëtidae
s : 2,0

4.7.9

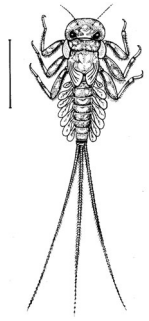


Imago der Eintagsfliegenlarve.

Eintagsfliegenlarven (Fortsetzung)

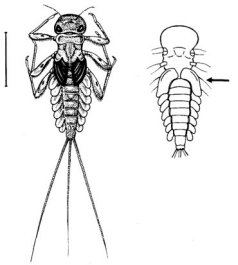
In schnellfließenden Bächen des Gebirges und Mittelgebirges:

7 Paar Kiemenblätter seitlich am Hinterleib. V. Brust an jeder Seite scheibenartig verlängert. Gestalt stark abgeplattet. Augen auf Kopfoberseite.



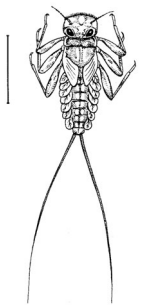
Ecdyonurus spec.
15 mm
s : 1,2

7 Paar Kiemenblätter seitlich am Hinterleib. Blätter des 1. Paares stark vergrößert, berühren sich auf Bauchseite. Gestalt abgeplattet. Augen auf Kopfoberseite.



Rhitrogena semicolorata
12 mm
s : 1,0

Zwei lange Schwanzanhänge. 7 Paar Kiemenblätter seitlich am Hinterleib. Gestalt stark abgeplattet. Augen auf Kopfoberseite.



Epeorus spec.
14 mm
s : 1,0

HILFEN ZUR BESTIMMUNG WIRBELLOSER TIERE / ABB. 4.7.10 - 4.7.11

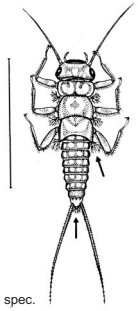
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

4.7.10

Steinfliegenlarven (Plecoptera)

Zwei lange Schwanzborsten. Keine Kiemen seitlich am Hinterleib.

Farbe braun-rot bis dunkelbraun, mit heller Zeichnung. Helle Kiemenbüschel zwischen den Beinwurzeln und an den Wurzeln der Schwanzfäden.



Dinocras spec.
30 mm

s : 1,0

Farbe gelb mit schwarzer Zeichnung. Kiemenbüschel zwischen den Beinwurzeln. Keine Kiemen zwischen den Wurzeln der Schwanzfäden (s. Dinocras)!

Perla marginata
30 mm

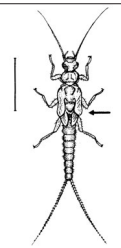
s : 1,1

Gedrungene Körperform. Farbe braun. Flügelscheiden stehen nach hinten schräg ab. Weit verbreitet.

Nemoura spec.
8 mm

s : 1,5

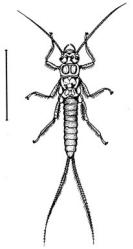
Schmaler, langer Körper. Farbe gelb bis hellbraun. Parallel nach hinten gerichtete Flügelscheiden.



Leuctra spec.
12 mm

s : 1,5

Körper und Kopf meist durch Flecke gezeichnet. Farbe gelb bis olivgrün. Geringe Körpergröße.



Fam. Perlodidae
16 mm

s : 1,5

4.7.11

Köcherfliegenlarven (Trichoptera)

1. Leben in Köchern aus Pflanzenteilen, Sand oder Kies. Kopf der Larve bildet mit Körperachse einen rechten Winkel.
2. Freilebend. Kopf der Larve bildet mit Körperachse etwa eine Gerade.

In schnellfließenden Bächen des Gebirges. Gehäuse halb-ellipsoid aus kleinen Steinchen und grobem Sand.

Agapetus spec.
9 mm

s : 1,0

In schnellfließenden Bächen; vom Gebirge bis in die Ebene. Gehäuse röhrenförmig aus Sand. An beiden Seiten 2-3 Belastungssteine, die so breit wie das Gehäuse sind.

Silo spec.
12 mm

s : 1,2

In Gebirgs- und Mittelgebirgsbächen oder in schnellfließenden Gewässern der Ebene. Gehäuse aus Sand, dünnwandig glatt.

Sericostoma spec.
15 mm

s : 1,2

In pflanzenreichen Fließgewässern der Ebene. Gehäuse aus vierseitig angeordneten quadratischen Blattstückchen.

Lepidostoma hirtum
18 mm

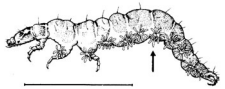
s : 1,7

In langsam fließenden, auch stehenden Gewässern. Altgehäuse (Rohr aus Sand) mit überragenden Blattrippen und Ästchen.

Anabolia nervosa
30 mm
70 mm (mit Ästchen)

s : 2,0

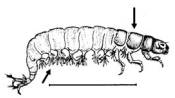
In schnellfließenden Gewässern des Gebirges und der Ebene. Freilebend. Verzweigte Büschelkiemen am Körper.



Rhyacophila spec.
25 mm

s : 1,4

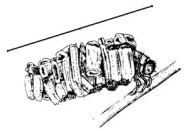
In schnellfließenden Gewässern des Gebirges und der Ebene. Freilebend.
3 verhornte Brustplatten.
Verzweigte Büschelkiemen am gelblichen Körper.



Hydropsyche spec.
20 mm

s : 2,0

In stehenden und langsam fließenden Gewässern aller Art. Variabler Köcher.



Limnephilus flavicornis
35 mm

HILFEN ZUR BESTIMMUNG WIRBELLOSER TIERE / ABB. 4.7.12 - 4.7.13

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

4.7.12

Libellenlarven (Odonata) — Unterlippe zu einer vorschnellbaren Fangmaske umgestaltet.

- Schwanzanhang mit drei langen, flachen Platten. → Kleinlibellenlarven (Zygoptera)
- Hinterende mit 5 kurzen Enddornen. → Großlibellenlarven (Anisoptera)

Fliegenlarven (Brachycera) — Körper segmentiert, mit Anhängen. Ohne deutlichen Kopf.

- Hinterleib mit Haarkranz. → Waffenfliegen Bsp. *Stratiomys* spec. 50 mm — s : 3,0
- 7 Paar Fußstummel. Atemrohr teleskopartig verlängerbar. → Schwebfliegen Bsp. Rattenschwanzlarve (*Eristalomyia* spec.) 20 mm (Atemröhre bis 35) — s : 4,0
- Segmente mit muskulösem Wulst. → Bremsen Bsp. *Tabanus* spec. 40 mm
- Hinterleib mit gegabeltem Atemrohr. 8 Paar Fußstummel. → Salzseefliegen Bsp. *Ephydra* spec. 15 mm

Mückenlarven (Nematocera) — Körper segmentiert, mit Anhängen. Kopf deutlich sichtbar.

- In schnellfließenden Gewässern. Oberseite gewölbt, grau. Unterseite mit 6 Saugnäpfen. → Lidmücken Bsp. *Liponeura* spec. 9 mm — s : 1,0

Larve von unten mit Saugnäpfen

- Hell- bis dunkelrot. Zuckende Bewegungen durch abwechselndes Hin- und Herkrümmen. → Zuckmücken Bsp. *Chironomus thummi* 13 mm — s : 3,6

Tubuli, Analpapillen, Nachschieber

4.7.13

Mückenlarven (Forts.)

- Hinterleibsende mit Haarkranz. Weißlich-gelb. → Gnitzen Bsp. *Bezzia* spec. 15 mm
- Mit Atemrohr. Hängt schräg an Wasseroberfläche. → Stechmücken Bsp. *Culex* spec. 10 mm
- Ohne Atemrohr. Hängt waagerecht an der Wasseroberfläche. → Stechmücken Bsp. *Anopheles* spec. 10 mm
- Durchsichtig. Schweben in waagerechter Haltung im Wasser. Dunkle Tracheenblase. → Büschelmücken, *Corethra* spec. "weiße Mückenlarve" 15 mm
- An Mundöffnung Fächerkorb aus Borsten. Vorn Fußstummel. Hinten Haftscheibe. → Kriebelmücken Bsp. *Simulium* spec. 15 mm
- U-förmige Krümmung des Körpers. Bei Fortbewegung werden die U-Schenkel abwechselnd vorwärts geschoben. → Tastermücken Bsp. *Dixa* spec. 8 mm
- Hinterleib mit 6 behaarten Chitinspitzen. → Schnaken Bsp. *Tipula* spec. 30 mm
- Weißgelblich, durchscheinend. Atemrohr. → Faltenmücken *Ptychoptera* spec. 70 mm (mit Atemrohr)
- Hinterleibsende mit Atemrohr und Haarkranz. → Schmetterlingsmücken Bsp. *Psychoda* spec. 10 mm

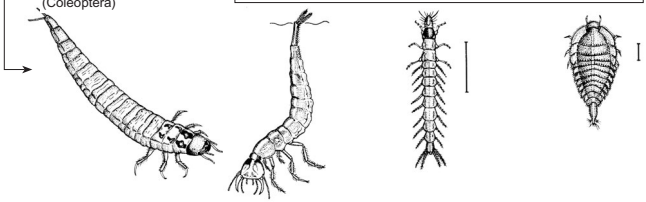
© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

4.7.14

Schlammfliegenlarven (Megaloptera) — Behaarte Hinterleibsanhänge (Tracheenkiemen). Ein Schwanzanhang.

Schlammfliegen
Sialis spec.
40 mm

Käferlarven (Coleoptera) — Larven von sehr unterschiedlicher Gestalt.



Wasserkäferlarve
Bsp. Kolbenwasserkäfer
70 mm

Schwimmkäferlarve
Bsp Gelbrandkäfer
60 mm

Taumelkäferlarve
Bsp. Bachtaumelkäfer
12 mm

Hakenkäferlarve
Bsp. *Elmis maugëi*
4 mm

Insekten (Hexapoda)

Käfer (Coleoptera) — Vorderflügel als derbe Deckflügel ausgebildet.

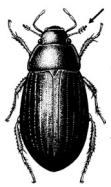
Flügel glänzend schwarz. Klauen groß und kräftig. Unter Steinen.

Hakenkäfer
Elmis maugëi
2 mm
s : 1,5

Schwimmt blitzschnell in Kreisbögen auf Wasseroberfläche. Schwarz. Dicht behaart. Mittel und Hinterbeine verkürzt.

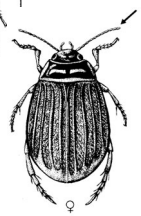
Bachtaumelkäfer
(*Orectochilus villosus*)
6 mm
s : 2,5

Fühler kurz, keulenförmig, meist kürzer als Kiefertaster.



Wasserkäfer
Bsp. Stachelwasserkäfer
(*Hydrophilus caraboides*)
18 mm

Fühler lang, fadenförmig. Hinterbeine länger als Vorder- und Mittelbeine.

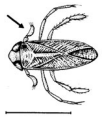


Schwimmkäfer
Bsp. Furchenschwimmer
(*Acilius sulcatus*)
17 mm

4.7.15

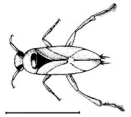
Wanzen (Heteroptera) — Vorderflügel im Basalteil derb, im Endteil häutig. Mit Stechrüssel.

Vorderbeine kurz. Vorderfüße schaufelartig verbreitert. Vorderflügel horizontal flachliegend.



Ruderwanzen
Bsp. *Corixa* spec.
15 mm

Auf dem Rücken schwimmend. Vorderflügel dachartig.

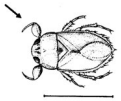


Rückenschwimmer
Notonecta spec.
17 mm

Auf dem Rücken schwimmend. Klein! Körper hoch, dachartig gewölbt.

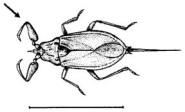
Zwergrückenschwimmer
Plea minutissima
2,5 mm

Körper länglich bis rundlich-oval. Vorderbeine bei einigen Arten zu Raubbeinen umgebildet.



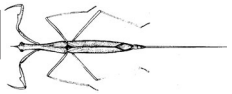
Schwimmwanzen
Bsp. *Naucoris cimicoides*
16 mm

Hinterleib mit Atemrohr. Vorderschenkel stark verdickt.



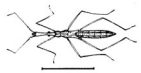
Skorpionswanzen
Wasserskorpion (*Nepa rubra*)
22 mm (ohne Atemrohr)

Körper stabförmig. Atemrohr fast so lang wie der Körper.



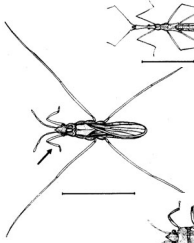
Skorpionswanzen
Stabwanze (*Ranatra linearis*)
40 mm (ohne Atemrohr)

Körper stabförmig. Kopf so lang wie der Thorax.



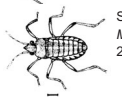
Teichläufer
Hydrometra spec.
12 mm

Vorderbeine stark verkürzt. Seidenglänzende Behaarung.



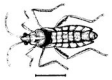
Wasserläufer
Gerris spec.
17 mm

Vorderbeine wenig verkürzt. Gestalt klein, gedrungen. Augen groß. Hauptfarbe schwarz.



Stoßwaserläufer
Microvelia spec.
2,5 mm

Körper länglich oval mit feiner seidenglänzender Behaarung. Augen kugelig vorstehend.



Stoßwasserläufer
Velia spec.
7 mm

BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN GÜTE EINES GEWÄSSERS MITTELS WIRBELLOSER TIERE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Jeder Indikatorart ist in den „Hilfen zur Bestimmung wirbelloser Tiere“ (Arbeitsbogen 4.7.1) ein Saprobienindex (s) zugeordnet (Saprobie = Intensität der Sauerstoff zehrenden Reaktionen). Der Saprobienindex der einzelnen Arten gibt den Grad der Belastung eines Gewässers an, in der die Indikatorart bevorzugt lebt.

Das Indikationsgewicht (g) zeigt die Eignung einer Art als Indikator einer bestimmten Güteklasse an. Je stärker eine Art in ihrem Auftreten an nur eine Güteklasse gebunden ist (stenopotent), desto größer ist ihre Eignung als Indikatorart. Arten, die nur in einer der vier Güteklassen auftreten, erhalten das höchstmögliche Indikationsgewicht g = 16. Arten, deren Vorkommen sich auf zwei oder mehr Güteklassen verteilt, erhalten die Bewertung g = 8, 4, 2 oder 1.

Um die Güteklasse zu ermitteln, wird der Saprobienindex der Biozönose (S) berechnet. Er bezieht neben den Individuenzahlen (h), den Saprobienindex (s) und das Indikationsgewicht (g) der einzelnen Indikatorarten ein. Er gibt damit Auskunft über den Grad der organischen Belastung der Biozönose im untersuchten Gewässerabschnitt.
Der Saprobienindex der Biozönose (S) wird nach folgender Formel berechnet:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n} h \cdot s \cdot g}{\sum_{i=1}^{n} h \cdot g}$$

Es ist günstig, für den Zähler und den Nenner jeweils vorher in der folgenden Tabelle die Produkte zu bilden und zu summieren:

BIOINDIKATOREN	**h**	**s**	**g**	**Berechnung** $P_1 = h \cdot s \cdot g$	$P_2 = h \cdot g$
Schwämme – Porifera					
Süßwasserschwämme – Fam. Spongillidae		2,1	8		
Strudelwürmer – Turbellaria					
Alpenstrudelwurm *(Crenobia alpina)*		1,1	16		
Dendrocoelum lacteum		2,2	8		
Dreieckskopfstrudelwurm *(Dugesia gonoceph.)*		1,6	8		
Dugesia lugubris		2,1	4		
Planaria torva		2,3	4		
Polycelis nigra		2,0	8		
Vielaugenstrudelwurm *(Polycelis felina)*		1,1	16		
Wenigborster – Oligochaeta					
Schlammröhrenwurm *(Tubifex tubifex)*		3,5	4		

© *DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe*

BIOINDIKATOREN	**h**	**s**	**g**	**Berechnung**	
				$P_1 = h \cdot s \cdot g$	**$P_2 = h \cdot g$**
Egel – Hirudinea					
Großer Schneckenegel *(Glossiphonia comp.)*		2,2	8		
Rollegel *(Erpobdella octoculata)*		2,7	4		
Zweiäugiger Plattegel *(Helobdella stagnalis)*		2,6	4		
Schnecken – Gastropoda					
Eiförmige Schlammschnecke *(Radix peregra)*		2,3	4		
Flussnapfschnecke *(Ancylus fluviatilis)*		2,0	4		
Flussschwimmschnecke *(Theodoxus fluviatilis)*		1,7	8		
Langfühlerige Schnauzenschnecke *(Bithynia tent.)*		2,3	8		
Physa acuta		2,8	4		
Posthornschnecke *(Planorbarius corneus)*		2,0	4		
Quellen-Blasenschnecke *(Physa fontinalis)*		2,4	4		
Quellenschnecke *(Bythinella* spec.)		1,0	16		

BIOINDIKATOREN	**h**	**s**	**g**	**Berechnung**	
				$P_1 = h \cdot s \cdot g$	**$P_2 = h \cdot g$**
Teichnapfschnecke *(Acroloxus lacustris)*		2,2	4		
Muscheln – Bivalvia					
Flussmuscheln (Fam. Unionidae)		2,0	4		
Kugelmuschel (*Sphaerium* spec.)		2,2	4		
Wandermuschel *(Dreissena polymorpha)*		2,2	4		
Krebstiere – Crustacea					
Flussflohkrebs *(Gammarus roeseli)*		2,0	8		
Gemeiner Flohkrebs *(Gammarus pulex)*		2,1	4		
Wasserassel *(Asellus aquaticus)*		2,7	4		

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

BIOINDIKATOREN	h	s	g	Berechnung $P_1 = h \cdot s \cdot g$	Berechnung $P_2 = h \cdot g$
Eintagsfliegenlarven – Ephemeroptera					
Fam. Baetidae (schwimmende Eintagsfliegenlarve)		2,1	4		
Ecdyonurus spec. (flache Eintagsfliegenlarve)		1,7	4		
Epeorus spec. (flache Eintagsfliegenlarve)		1,4	8		
Ephemera spec. (grabende Eintagsfliegenlarve)		1,8	8		
Fam. Ephemerellidae (kriechende Eintagsfliegenlarve)		1,6	4		
Habroleptoides modesta (schwimmende Eintagsfliegenlarve)		1,6	4		
Rhitrogena semicolorata (flache Eintagsfliegenlarve)			1,6	8	
Steinfliegenlarven – Plecoptera					
Dinocras spec.		1,3	4		
Leuctra spec.		1,5	4		
Perla marginata		1,2	8		

BIOINDIKATOREN	h	s	g	Berechnung $P_1 = h \cdot s \cdot g$	Berechnung $P_2 = h \cdot g$
Köcherfliegenlarven – Trichoptera					
Anabolia nervosa		2,0	8		
Hydropsyche spec.		2,0	4		
Lepidostoma hirtum		1,8	8		
Rhyacophila spec.		1,8	4		
Sericostoma spec.		1,5	8		
Silo spec.		1,4	4		
Fliegenlarven – Brachycera					
Rattenschwanzlarve (*Eristalomyia* spec.)		4,0	1		
Mückenlarven – Nematocera					
Lidmücke (*Liponeura* spec.)		1,1	8		
Zuckmückenlarve *(Chironomus thummi)*		3,2	4		
Käfer – Coleoptera					
Bachtaumelkäfer *(Orectochilus villosus)*		2,0	4		
Hakenkäfer *(Elmis maugei)*		1,5	8		
	Summe aller P_1 bzw. P_2				

BESTIMMUNG DER BIOLOGISCHEN GÜTE EINES GEWÄSSERS MITTELS WIRBELLOSER TIERE

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

Nach Berechnung des Saprobienindex S wird nach den 1976 von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) und 2000 in der Wasserrahmenrichtlinie der EU 2000 festgelegten Klassifizierungen mit Hilfe der Tabelle die Güte des Gewässers ermittelt:

Saprobienindex	EU-Wasserrahmenrichtlinie	LAWA
1,0- < 1,6	1	I
1,6- < 1,8	2	I - II
1,8- < 2,3		II
2,3- < 2,7	3	II - III
2,7- < 3,2	4	III
3,2- < 3,5	5	III - IV
3,5 - 4,0		IV

Für diejenigen, die sich mit den Fischen beschäftigen wollen, sei auf den folgenden Bericht von FRENZ verwiesen, der mit seinen Schülern Fische beobachtete.

Für künftige genauere Untersuchungen ist geplant, Listen von Fischarten zu erstellen, mit deren Hilfe ebenfalls eine Bioindikation erfolgen kann.

Dabei sollen die hierfür ausgewählten Fischarten vom Ufer oder einer Brücke aus bestimmbar sein, um das Fangen der Tiere zu vermeiden.

Wenn die Entwicklung dieses Bestimmungsmaterials gelingt, werden die Materialien kostenfrei im Internet unter
www.umweltbildung-berlin.de/wasser.php
herunterzuladen sein.

Ferner sind im Internet unter
www.ig-dreisam.de/fotos/160202kies/thorsten/kiesfotos.html
der Besatz mit Eiern der Bachforelle im Kiesbett und zum Schutz vor Räubern in nach den Fischereibiologen Whittlock und Vibert benannten WV-Boxen sowie die Aufzucht von Bachneunaugen zu sehen.

Fische im Stadtbach*
Unterrichtsanregung für die Sekundarstufe II

1 Vorbemerkungen

1.1 Fische im Stadtbach – als Unterrichtsthema geeignet?

Keine andere Tiergruppe hat im Süßwasser eine größere Bedeutung für die Menschen als die der Fische. Im Unterricht in der Schule spielen Fische aber eher eine untergeordnete Rolle, selbst bei entsprechenden Unterrichtseinheiten zum Thema Ökosystem See oder Fluss. Die wenigen Unterrichtsmaterialien zu heimischen Süßwasserfischen (SANDROCK, ZUCCHI) sind hierfür ebenso ein Indiz wie die weitgehend vergebliche Suche nach Biologielehrer/innen, die Fische in der Sekundarstufe II im Unterricht behandeln.

Dabei bieten unsere Fische als ausgewählte Organismengruppe viele Vorteile für den Unterricht, gerade für ökologische Themen, von denen hier nur einige aufgezählt werden sollen:

- Fische sind überall bekannt, sie stellen einen wesentlichen Bestandteil der Lebensgemeinschaften der Bäche und Flüsse dar.
- Neben aktuellen Daten zum Vorkommen einzelner Fischarten und ihrer Bestände in den Gewässern, die über die Fischartenkataster auch Laien zur Verfügung stehen, gibt es in den Archiven der Stadtbibliotheken, Heimatmuseen oder anderer Institutionen auch Angaben über die einstigen Fischvorkommen.

** FRENZ, C. (1994): Fische im Stadtbach. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 43, H. 2, S. 22-27*

- Die Biologie und Ökologie einzelner Arten ist z. T. gut untersucht, ein spannendes Neuland für den Ökologieunterricht.
- Alle heimischen Fischarten lassen sich relativ einfach sicher bestimmen, auch im Gelände unter Wahrung des Artenschutzes.
- Fische haben, anders als die übrigen Organismen der Gewässer, durch die Angler und ihre Verbände eine Lobby – die jeweiligen Fischereigenossenschaften, Angelvereine oder Einzelpächter geben meistens gern über die Fische “ihres” Gewässers Auskunft.
- Neben dem direkten Ortsbezug, den heimatlichen Bach oder Fluss im Unterricht zu behandeln, ist auch die Aktualität ein wichtiges Argument für das Thema Fisch im Unterricht – die Wiedereinbürgerungsversuche des Lachses im Rhein (“Lachs 2000”) sind über die Medien landesweit bekannt und nur ein Beispiel für durchgeführte Biotop- und Artenschutzmaßnahmen.
- Es scheint, als ob sich viele Bestände stark gefährdeter Fischarten langsam wieder erholen, deutliche Anzeichen dafür, dass sich ein wirksamer Gewässerschutz lohnt.

1.2 Warum gerade Fische in städtischen Fließgewässern?

Städtische Fließgewässer gibt es überall, keine Stadt ist ohne Bach oder Fluss, durch den die Stadt nicht deutlich geprägt ist (SCHUHMACHER). Für den Unterricht resultiert daraus erstens ein unmittelbarer Ortsbezug und zweitens eine Vielzahl an Themen, aus denen ausgewählt werden kann. Im urbanen Raum sind die Ursachen der menschlichen Eingriffe in die Fließgewässer und ihre Auswirkungen auf die Fische auf engem Raum leicht auch vor Ort aufzuzeigen oder darzustellen. Hochwasserschutz, Regulierung des Abflussregimes, Abwassereinleitungen, Nutzung der Wasserkraft, aber auch Freizeit und Erholung sind hier wohl die wichtigsten Einflussfaktoren. Aber nicht nur die aktuellen Beeinträchtigungen sind für den Unterricht von Bedeutung. Auch Exkurse in die Geschichte des heimatlichen Baches oder Flusses, die eng mit der Industriegeschichte der Stadt korreliert, tragen zu einem besseren Verständnis der Lebensbedingungen in den Fließgewässern bei.

Die Stadtarchive bieten genügend Informationen.

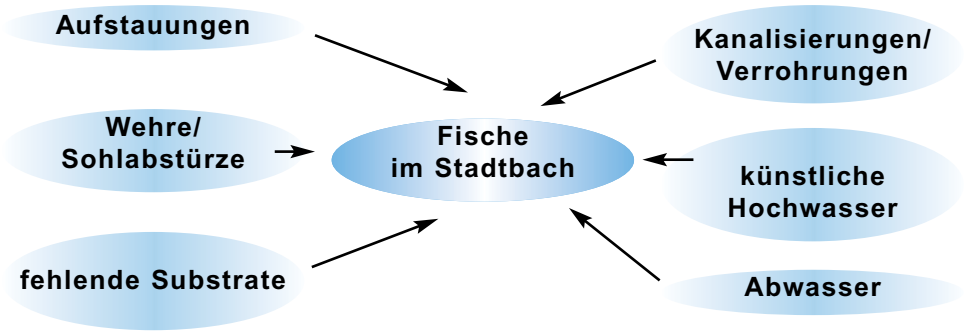
- Wann z. B. wurde das Mühlenwehr in Betrieb genommen, seit wann ist es funktionslos?
- Wann war die Abwassereinleitung am stärksten, wann erfolgte der Bau der Kläranlage?
- Welche Beeinträchtigungen bestehen heute immer noch?
- Was kann und sollte getan werden, um die Lebensbedingungen im städtischen Fließgewässer weiter zu verbessern – für die Fische und die anderen Organismen?

Neben den vielfältigen Eingriffen in die Fließgewässerökosysteme lernen die Schüler/innen so, anthropogene Umweltbeeinträchtigungen nicht als statische, unveränderbare Einflussfaktoren aufzufassen, sondern vielmehr als nutzungsgebundene und somit veränderbare. Ein wesentlicher Aspekt der Umwelterziehung! Im kleinen, überschaubaren städtischen Fließgewässer lassen sich solche Aspekte sehr gut aufzeigen.

2 Sachinformationen

Die Lebensbedingungen für Fische im Stadtbach oder -fluss sind gekennzeichnet durch vielfältigste Beeinträchtigungen:

Abwassereinleitungen, die z. T. fischtoxische Substanzen enthalten und zu Fischsterben führen, eine Belastung der Fische mit Schwermetallen, Verbauungen, wie Wehranlagen u.ä., die Fischwanderungen verhindern, der Verlust von benötigten Substraten (z. B. Laichsubstrate) und notwendigen Unterständen u.v.a.m. Alles beeinträchtigende Faktoren, die über das Leben in urbanen Fließgewässern entscheiden.



Die Verhältnisse im Stadtbach unterscheiden sich grundlegend von denen im unbeeinflussten Bach. Die im Stadtbach vorkommenden Fische sind hier besonderen Umweltbedingungen ausgesetzt, von denen die wichtigsten aufgeführt sind.

Für den möglichen Einsatz als Unterrichtsthema ist es von großer Bedeutung, welche dieser Aspekte mit einfachen Mitteln, z. B. Beobachtung, im Idealfall mit den Schüler/innen auch vor Ort zu erschließen sind. Die Möglichkeiten, die eine solche „Biologie zu Fuß“ bietet, sind groß. Wesentliche Lebensbedingungen im Stadtbach sind so zugänglich.

2.1 Auswirkungen von Querverbauungen, wie Wehre oder Sohlabstürze

In jedem städtischen Fließgewässer gibt es eine Vielzahl von Querverbauungen, die die Lebensraumqualitäten für Fische und andere Organismen nachhaltig beeinträchtigen. Fast alle einheimischen Fische wandern (LILLELUND), ganz egal, ob es sich dabei um „fish movements” oder „fish migrations” (PELZ) handelt und ob diese nur eine lokale Bedeutung haben oder über große Distanzen erfolgen. Eine der Hauptursachen für Wanderungen ist das Laichen; die Fische suchen ihre passenden Laichbiotope mit den entsprechenden Substraten auf. Diese Wanderungen erfolgen mehr oder weniger ganzjährig. Während Cypriniden-Arten, wie Rotauge, Barbe, Nase oder Ukelei, vor allem in den Monaten April bis Juni wandern, sind bei Bachforellen und anderen Salmoniden Oktober bis Dezember die Monate der Laichwande-

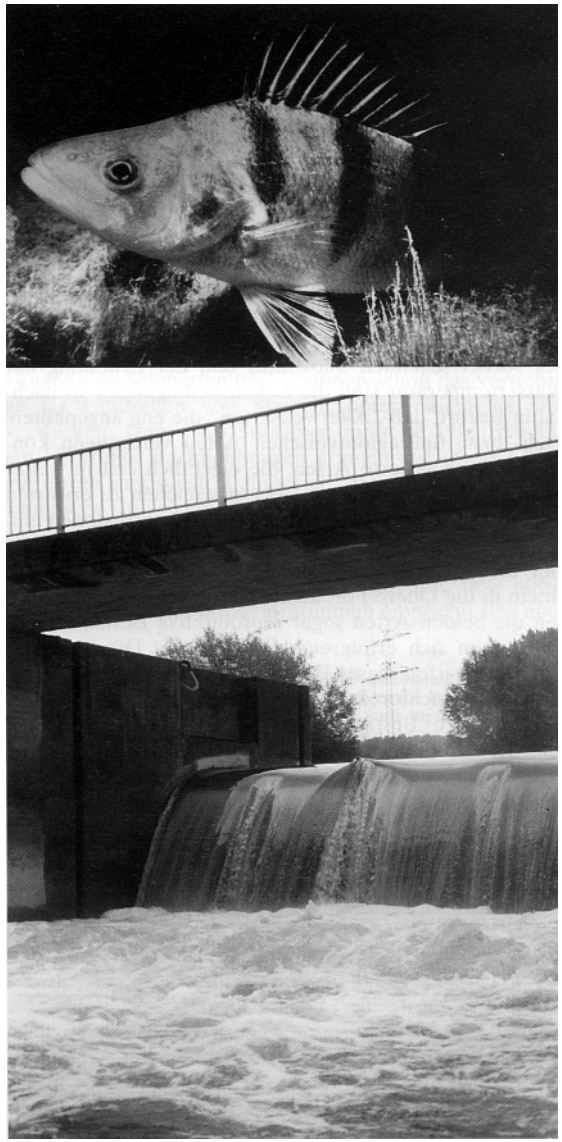


Abb. 4.8.1:

Oben: Der Flussbarsch gehört zu den anspruchsloseren Fischarten und kommt in vielen Stadtflüssen vor. Die Jungfische sind vor allem in Ufernähe in größeren Schwärmen zu beobachten (Foto: A. WINKLER*).*

Unten: Fische können auf ihren Aufwärtswanderungen dieses hohe Wehr nicht überspringen.

rungen. In den meisten Fällen wandern die Fische gegen die Strömung, also bach- oder flussaufwärts. Nach dem Laichen kehren viele der adulten Fische wieder in ihre Nahrungsbiotope zurück, und auch die Jungfische verlassen die Laichbiotope nach einer gewissen Zeit, i.d.R. mit der Strömung. In vielen Fällen verhindern Querverbauungen, wie Wehre, diese Wanderungen, so dass die Laichplätze für viele Fischarten unerreichbar werden. Der daraus resultierende Verlust an Fortpflanzungsmöglichkeiten ist für viele Fischarten mit eng angepasstem Laichvorgang eine der wesentlichen Gefährdungsursachen (BLESS, 1989).

Neben den größeren Wehranlagen wirken selbst kleinere Hindernisse, wie z. B. kleine Sohlabstürze, als bestandsgefährdende Wanderhindernisse. Eine Höhendifferenz von nur 20 cm ist von gut schwimmenden Fischarten, wie der Bachforelle, noch zu überwinden, für bachtypische Kleinfischarten, wie Groppe, Bachschmerle, Elritze oder Stichling, stellt sie aber schon ein unüberwindbares Hindernis dar (z. B. BARANDUN, BLESS 1990). Werden große Teile der Groppenbrut einer Population über solche Hindernisse verdriftet, ist die Population dadurch gefährdet, da eine driftkompensierende Aufwärtswanderung nicht stattfinden kann (BRENNER). Natürliche Wiederbesiedlungen sind auch aus diesen Gründen in vielen Gewässerbereichen nicht möglich. Dabei sind kleinere Hindernisse leicht so zu gestalten, dass sie auch von schlecht schwimmenden Kleinfischarten überwunden werden können.

An größeren Bauwerken, wie etwa den Flusswehren mit Höhendifferenzen von einem bis mehreren Metern, kann die Fischwanderung mit funktionierenden Aufstiegshilfen („Fischtreppen“) ermöglicht werden. Leider sind manche der gesetzlich vorgeschriebenen Fischaufstiegshilfen falsch konstruiert, andere sind nur zeitweise im Jahr geöffnet, weitere werden schlecht gewartet und sind so oft mit Treibgut verstopft. Die entscheidenden Faktoren für das Funktionieren einer Fischaufstiegshilfe sind daneben die Strömungsgeschwindigkeit in der Anlage und die Lage des Einstiegs in der Hauptströmung (Brenner, Gebler, Jens, Tent). In wirklich funktionierenden Aufstiegshilfen wechseln täglich zu den Wanderzeiten große Fischmengen vom Unter- in das Oberwasser. Wenn auch Kleinfischarten aufsteigen können, können solche Anlagen auch von anderen Organismen genutzt werden. So erhalten die Fließgewässer wieder einen kleinen Teil ihrer Hauptfunktion zurück; sie sind mit ihrer Aue die „maßgeblichen Ausbreitungs- und Wanderstraßen in der Landschaft“ (Schuhmacher, S. 27).

Wehranlagen, Sohlabstürze oder andere Aufstauungen beeinträchtigen die Lebensbedingungen in den Fließgewässern aber nicht nur als Wanderhindernisse, sie beeinflussen und stören vielfältig die Lebensbedingungen in den Fließgewässern. Oberhalb von Aufstauungen ist die Strömungsgeschwindigkeit erheblich reduziert; selbst große Sedimentablagerungen sind so in Gewässerbereichen möglich, in denen sie natürlich nicht in dem Umfang entstehen könnten. Mit einer Veränderung der Strömung, des vorherrschenden Substrates und der Erhöhung der Wassertemperatur sind die Lebensbedingungen so nachhaltig gestört, dass „Allerweltsarten“ die eng angepassten, bach- bzw. flussregiontypischen Arten verdrängen können. Unspezialisierte Arten, die eigentlich erst in weiter stromabwärts gelegenen Gewässerbereichen zu erwarten sind, treten so auch in den oberen Gewässerregionen auf. Als Beispiel für eine solche „Potamalisierung“ (Thiesmeier, Rennerich & Darschnik) ist hier die Ausbreitung von Flussbarsch und Rotauge bis hinein in die Obere Forellenregion zu nennen. Dabei bilden die beiden Arten sogar reproduktive Bestände, d. h. sie können sich erfolgreich fortpflanzen. Die bachtypischen Fischarten dieser Bachabschnitte, im Mittelgebirge vor allem Bachforelle und Groppe, werden verdrängt. Reproduktive Bestände von Flussbarsch und Rotauge sind deshalb ein Anzeichen einer gestörten Bachlebensgemeinschaft, nicht ein Anzeichen einer positiven Ausbreitungstendenz (Beisenherz & Späh). Fischarten wie Rotauge oder Flussbarsch gelangen zudem erst über unsachgemäße Besatzmaßnahmen oder als Teichflüchtlinge in die oberen Regionen der Fließgewässer.

2.2 Auswirkungen von Kanalisierungen und Uferverbauungen

Aus Platzmangel und wegen des notwendigen Hochwasserschutzes wurde die Laufstrecke der meisten Fließgewässer – falls sie nicht sogar ganz verrohrt wurden – deutlich verkürzt. Um den so gewonnenen Siedlungsraum vor den alljährlichen Hochwässern zu schützen, wurde in das Abflussverhältnis der Fließgewässer massiv eingegriffen. Ein garantiert schneller Abfluss ist das oberste Ziel des Siedlungswasserbaues, Uferbefestigungen eine der so notwendig gewordenen Maßnahmen. Die Folge sind überwiegend begradigte und an beiden Ufern verbaute Fließgewässer in den Städten. Mit dem Verlust der natürlichen Laufstrecke und ihrer Dynamik in der Aue, dem Verschwinden der einstigen Ufer mit ihrer Vegetation, Flachwasserbereichen, Prall- und Gleithängen ist auch ein Verlust von ganz unterschiedlichen Strömungsbereichen verbunden.

Deutlich ausgeprägte Strömungsmuster in naturnahen Fließgewässern zeigen eine unterschiedliche Verteilung der Fischarten bzw. ihrer Altersstadien im Bach. Die Brut der Bachschmerle bevorzugt z. B. noch flachere, strömungsärmere Bereiche als die adulten Schmerlen (BRUNKEN). Die größeren Bachforellen halten sich bevorzugt in den tieferen Kolken ihrer Gewässer auf, kleinere bzw. jüngere Forellen finden sich vor allem in flacheren, stärker strömenden Bereichen. Im Fluss hat besonders der Hasel (*Leuciscus leuciscus*) eine ausgeprägte Bindung an das Ufer, das gleiche gilt für die Brut und die Jungfische aller Flussfischarten. Adulte Fische kommen in den Uferbereich vor allem zum Laichen und Fressen. In ausgebauten städtischen Fließgewässern ist diese Verteilung der Fische im Gewässer in vielen Fällen nicht mehr möglich.

Fehlende Strukturdiversität bei den gewässermorphologischen Faktoren ist auch deshalb eine der Gefährdungsursachen für die Fische der Fließgewässer; dies kann besonders an städtischen Bächen und Flüssen nachvollzogen werden. Nirgendwo sonst sind die Eingriffe in die Struktur und Morphologie der Gewässer so stark wie im Siedlungs- und Industrieraum. Typische Kinderstuben für Fische, wie Bachschmerle oder Gründling, sind nicht mehr vorhanden, Laichsubstrate, wie die Wurzelräume der Schwarzerle, fehlen; strömungsgeschützte Bereiche, in die sich Fische bei Hochwasserständen zurückziehen würden, sind selten.

2.3 Abwassereinleitungen, stoßartige Belastungen bei Starkregen

Die Einleitung von Abwässern, die Fische schädigen oder töten, ist ein wesentlicher Umweltfaktor im Stadtbach (BAUR & RAPP, ZUCCHI). Nach Möglichkeit sollte dieser Aspekt auch im Unterricht behandelt werden. Spektakuläre Fischsterben nach Abwassereinleitungen werden gerade in städtischen Gewässern wahrgenommen; die Lokalpresse berichtet immer wieder von solch tragischen Ereignissen. Ohne ein einfaches Wasserlabor für die Gewässerchemie ist die Auswirkung von Starkregenereignissen im Stadtbach zu beobachten, besonders wenn Regenrückhalte- und Regenüberlaufbecken an den Bach angeschlossen sind. Kommt es z. B. nach sommerlichen Gewittern zu einer Entlastung der Überlaufbecken, steigt der Wasserstand im Bach in Sekunden; Strömungsgeschwindigkeit und Abflussmenge sind dann kurzzeitig so hoch, dass selbst Menschen im normalerweise ruhig fließenden Bächlein tödlich verunglücken. Für die Fische bedeuten Starkregenfälle im Stadtbereich einen enormen Hydraulikstress. Ein Teil der Fische wird verdriftet und dabei verletzt oder getötet, andere versuchen, die kaum vorhandenen strömungsgeschützten Bereiche zu erreichen. Hautabschürfungen und andere Verletzungen, besonders in der Kopfregion der Fische, sind deutliche Spuren des Kampfes der Fische gegen die reißende Strömung.

2.4 Sonstige Beeinträchtigungen der Lebensbedingungen im städtischen Fließgewässer

Die Liste der weiteren Beeinträchtigungen der Lebensbedingungen im Stadtbach lässt sich nahezu beliebig fortsetzen. Standort- bzw. gebietsfremde Substrate werden im Rahmen von wasserbaulichen Maßnahmen ausgebracht; die Hauptsubstrate der städtischen Fließgewässer sind so selbst im Tiefland größere Steine. Viele der unbeschatteten Gewässer wachsen im Sommer oft vollständig zu, so dass Entkrautungen durchgeführt werden oder sogar die gesamte Sohle ausgeräumt wird. In vielen Bächen wurde selbst die Sohle betoniert, jeder Kontakt zwischen Wasser und Boden wird so unterbunden. Der Bach verliert sein Bodenraum-Lückensystem (Interstitial), das entweder direkt von den Fischen benötigt wird als ein Rückzugsraum für die Fischbrut oder als Hauptlebensraum der Bachinvertebraten, von denen sich viele Fische ernähren. Die Verunreinigung der Gewässer mit Zivilisationsmüll ist oft nicht nur ein rein ästhetisches Problem für die städtischen Gewässer. Aquarianer und Gartenteichbesitzer “entsorgen” Teile ihrer exotischen Fische in die städtischen Fließgewässer usw. Je nach individuellem Charakter der Gewässer, die im Unterricht behandelt werden sollen, können entsprechende Schwerpunkte gesetzt werden.

Alle Lebensraum beeinträchtigenden Faktoren zusammen vermitteln einen, aus rein menschlicher Sicht, lebensfeindlichen Eindruck.
Trotz allem kommen in fast allen städtischen Fließgewässern Fische vor. „Was – hier gibt es sogar Fische?“ ist eine von überraschten Schüler/innen auf Exkursionen oft gestellte Frage. Dass es sich bei

diesen Fischen häufig nicht um Besatzfische handelt, führt schnell zu weiteren Fragen:

- Wie konnten und können die gefundenen Fische hier überleben?
- Können sie sich noch fortpflanzen, gibt es Jungfische?
- Bestehen Ausbreitungschancen in andere Bachbereiche?

Durch solche oder ähnliche Fragen wird aus der bloßen Ahnung („Hier lebt bestimmt kein Fisch!“) leicht ein besseres Verständnis für die wirklich entscheidenden Lebensraumansprüche der jeweiligen Art. Gleichzeitig wächst ein besseres Verständnis für das Leben in Bach und Fluss.

Abb. 4.8.2: Diese Staustufe können die aufwärtswandernden Fische problemlos passieren: mit kleinen Sprüngen wandern die Fische über die im linken Bildteil zu erkennende Fischtreppe Stufe für Stufe nach oben. Die einzelnen Stufen weisen Vertiefungen auf, in denen sich die Fische ausruhen können.

3 Das Thema im Unterricht

3.1 Rechtliche Bestimmungen

Wenn es nun an den Bach/Fluss geht, sind wichtige rechtliche Bestimmungen einzuhalten. Um nicht gegen Artenschutzbestimmungen oder Fischereiverordnungen zu verstoßen, muss eine Genehmigung eingeholt werden. Dabei ist es meist ausreichend, die Kreis- bzw. Stadtverwaltung der kreisfreien Städte zu informieren; zuständig sind die Untere Landschaftsbehörde und die Untere Fischereibehörde (meist im Ordnungsamt); eine Genehmigung wird für Lehrer/innen erteilt werden. Von der Unteren Fischereibehörde ist auch die Adresse des jeweiligen Fischereiberaters zu erfahren, der gute Tipps geben kann.
Über den Fischereiberater kann dann auch die Fischereigenossenschaft informiert werden, wenn nicht die Angler lieber gleich direkt in die Unterrichtsvorbereitung eingebunden werden. Da keine Fische dem Gewässer entnommen oder getötet werden, sind solche Genehmigungen und Zustimmungen für Lehrer/innen zu erteilen. Ohne diese Ausnahmegenehmigungen ist schon das Fangen eines Stichlings, um ihn kurz den Schüler/innen zu zeigen und danach wieder zurückzusetzen, ein Gesetzesverstoß! Dass jeder vermeidbare Schmerz (auch Stress!) den Fischen und anderen Tieren erspart bleibt, versteht sich von selbst (§ 1 und 2 des Tierschutzgesetzes). Außerdem sind das Gewässer und seine Ufer nach Möglichkeit zu schonen; im ausgebauten Stadtbach gelingt dies eher als im naturnahen Fließgewässer. Nach einem Besuch bei den beiden Verwaltungsbehörden und wenigen Telefonaten ist man für alle Fälle ausreichend abgesichert.

3.2 Beobachtungen am Stadtbach

Von Brücken oder anderen erhöhten Standpunkten lassen sich bei Niedrigwasserständen gut Fische beobachten. Halten sich Fische in ruhigen Gewässerbereichen im Oberflächenbereich auf, ist oft sogar zu erkennen, um welche Arten es sich handelt. Hilfreich ist dabei ein Fernglas. Ansonsten bestehen gute Beobachtungsmöglichkeiten zur Laichzeit und bei der Nahrungsaufnahme vieler Fischarten. Bevorzugte Aufenthaltsorte, Ortsveränderungen u. ä. lassen sich so ermitteln.
Vom Ufer aus, oder direkt im Bach, lassen sich Fische leichter entdecken, wenn mit Polarisationsbrillen ein Teil der Oberflächenreflexion ausgeschaltet werden kann. Solche Brillen (in Angelgeschäften, etwa 25 Euro) sind dann besonders nützlich, wenn die Wasseroberfläche nicht zu stark bewegt ist. Relativ einfach ist es, mit kleinen Keschern oder Küchensieben im Bach Stichlinge, Bachschmerlen, Groppen, Gründlinge oder Bachneunaugen zu fangen. Genügt zum Fangen von Schmerlen und Groppen schon das vorsichtige (!) Umdrehen von Steinen, unter denen sie sich verstecken, fängt man Stichlinge meist in Pflanzennähe am Uferrand. Bachneunaugen können mit etwas Glück aus ihrem Sandsubstrat ausgesiebt werden. Fischbrut und Jungfische sind so empfindlich, dass sie nicht gefischt werden.

Nach dem Fang können die Fische in einer wassergefüllten flachen Wanne gezeigt, fotografiert und, falls nötig, bestimmt werden. Für das Bestimmen empfiehlt sich aber auch ein Mini-Plexiglasaquarium, das leicht im Gelände transportiert werden kann und eine Betrachtung auch von unten bzw. von der Seite ermöglicht.

Mit den Bestimmungshilfen (gut geeignet ist die Kombination von Brunken & Fricke und Gebhardt & Ness) kann jeder im Gelände Fische mit ausreichender Sicherheit „bestimmen". Möglichst schnell werden die Fische schonend in den Bach zurückgesetzt. In der Schule können dann bereits gut abgehandelte Themen (vgl. Sandrock, Zucchi) gewinnbringend eingesetzt werden.

3.3 Beobachtungen an Wehren

In größeren Stadtbächen und Flüssen bieten Wehranlagen genügend Unterrichtsstoff, besonders wenn Fischaufstiegshilfen vorhanden sind. Neben einem Vergleich der Gewässerbereiche direkt oberhalb und unterhalb des Wehrbereiches können zwischen April und Juni z. T. große Fischschwärme beobachtet werden, die unterhalb der Aufstiegshindernisse auf eine Chance zum Aufsteigen warten. Sind Fischtreppen vorhanden und funktionstüchtig, können auch tagsüber aufsteigende Fische in der Aufstiegshilfe beobachtet werden. Bestehen für die Fische keine Möglichkeiten aufzusteigen, lassen sich Fische beobachten, die vergeblich gegen die viel zu hohen Wehrmauern anzuspringen versuchen und immer wieder scheitern. Mögliche Themen für den Unterricht sind Ursachen und Hintergründe der Fischwanderungen, mögliche Auswirkungen, wenn die Wandermöglichkeit nicht mehr besteht, u. ä. Eine Kartierung von Wehren (mit Aufstiegshilfen oder nicht) und anderen Wanderhindernissen ist eine lohnende Arbeit, durch die die Vielzahl an Querverbauungen überhaupt erst bewusst wird.

3.4 Fische in Rechenanlagen

An beinahe jedem Fluss gibt es, meist an Kraftwerken oder in Trinkwassergewinnungsanlagen, Rechen, die Treibgut des Flusses zurückhalten. Auch abwärts wandernde Fische gelangen in diese Anlagen. Zusammen mit dem Treibgut werden die Fische automatisch entfernt und meist in Containern gesammelt. Hier finden sich so leider ausreichend frisch verendete Fische, die sich bestimmen und zählen lassen. Die „Container-Fische" sind zum überwiegenden Teil so unversehrt, dass sie gut auch in die Schule mitgenommen werden können, falls dies nötig erscheint. Andernfalls landen sie in der Müllverbrennungsanlage oder auf der Deponie.

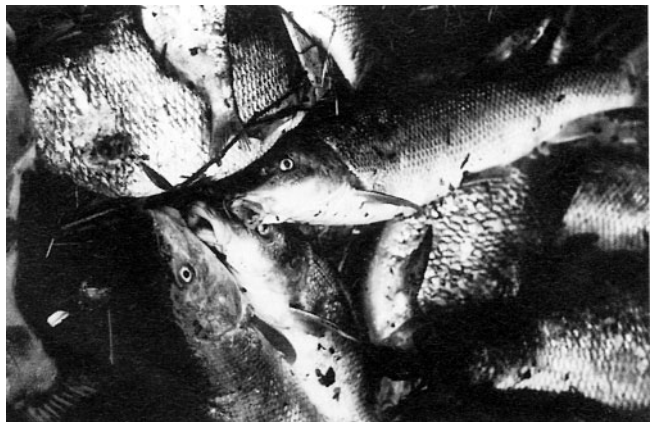


Abb. 4.8.3: Aus vielen Stadtbächen und -flüssen wird Wasser zur Energiegewinnung entnommen bzw. benutzt. Die vorgeschalteten Rechenanlagen sollen Treibgut von den Anlagen fernhalten. Leider gelangen sehr häufig auch Fische in diese Rechenanlagen und werden von der Anlage automatisch in den Abfallcontainer gekippt.

Die Daten, die so leicht selbst erhoben werden können, sind gut im Unterricht einzusetzen. Kleinere Fischarten (z. B. Ukelei), Jungfische und Aale sind zwar in den Containerfunden zwangsläufig unterrepräsentiert, die Vorteile dieser Methode liegen aber auf der Hand:

1. Die Rechenanlagen sind kontinuierlich in Betrieb, so dass sich deutliche Schwankungen in den Arten- und Individuenzahlen im Jahresgang aufzeigen lassen. Diese Schwankungen liefern Hinweise auf Fischbewegungen im Fluss, z. B. auf Laichwanderungen.
2. Auch anders schwer erfassbare Arten lassen sich in den Rechenanlagen nachweisen.

Die Schüler/innen sollten an solchen Zählaktionen allerdings nicht unmittelbar beteiligt werden. Das sicherlich erhöhte Unfallrisiko im Bereich solcher Anlagen ist ein wichtiger Aspekt. Daneben spricht gegen eine Schülerbeteiligung, dass manche Fische, die gerade in den Rechen geraten waren, noch schwer verletzt im Container zappeln – ein trauriger Anblick. Dass diesen Fischen nur noch durch ein schnelles Töten geholfen werden kann, lässt sich vor Ort nicht vermitteln; das verständliche Mitleid überwiegt. Trotzdem oder gerade deswegen sollte auf diese Anlagen geachtet werden.

LITERATUR
ZU KAPITEL 4.8: BEOBACHTUNG VON FISCHEN

BARANDUN, J. (1990): Auswirkungen von Ausbreitungsbarrieren auf das Vorkommen von Groppen *(Cottus gobio)*. In: Natur und Landschaft 65, S. 66 - 68

BAUR, W. & RAPP, J. (1988): Gesunde Fische, Hamburg (Parey)

BEISENHERZ, W. & SPÄH, H. (1990): Die Fische Ostwestfalens. Bielefeld (Gieseking)

BLESS, R. (1989): Artenschutzproblematik und Erforschungsstand bei Fischen und Rundmäulern. In: Schriften-Reihe für Landschaftspflege und Naturschutz 29, S. 217 - 221

BLESS, R. (1990): Die Bedeutung von gewässerbaulichen Hindernissen im Raum-Zeit-System der Groppe *(Cottus gobio L.)*. In: Natur und Landschaft 65, S. 581 - 585

BRENNER, T. (1991): Sind Fischaufstiegshilfen notwendig?. In: Wertermittlungsforum 3 (1991), S. 108 -112

BRUNKEN, H. & FRICKE, R. (1985): Bestimmungsschlüssel Deutsche Süßwasserfische. Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung (DJN), Hamburg

BRUNKEN, H. (1989): Lebensraumansprüche und Verteilungsmuster der Bachschmerle *(Noemancheilus barbatulus L.)*. In: Fischökologie 1, S. 29 - 45

GEBHARDT, H. & NESS, A. (1990): Fische. München (BLV)

GEBLER, R.-J. (1989): Fischaufstiege, derzeitige Situation und zukünftige Konzeption. In: Wasserwirtschaft 79, S. 64 - 68

JENS, G. (1982): Der Bau von Fischwegen. Hamburg (Parey)

LILLELUND, K. (1963): Die Auswirkung der Kanalisierung unserer Flüsse auf die Fischfauna und ihre Lebensbedingungen. In: Umschau 5, S. 148 - 152

PELZ, R. (1989): Zur Verwendung der Begriffe „fish movements“ und „fish migrations“ in der deutschsprachigen Literatur. In: Fischökologie Aktuell 1, S. 20 - 24

SANDROCK, F. Hrsg. (1981): Fließgewässer. Unterricht Biologie 5, Heft 59

SCHUHMACHER, H. (1991): Limnologische Vorgaben und Bewertungskriterien zur ökologischen Verbesserung urbaner Fließgewässer. Aus: Urbane Gewässer (SCHUHMACHER, H. U. THIESMEIER, B., Hrsg.), Westarp, Essen, S. 16 - 37

TENT, L. (1987): Der Denil-Fischpass als Beitrag zum Artenschutz an Fließgewässern. In: Wasser und Boden 3, S. 119 - 123

THIESMEIER, B., RENNERICH J. & DARSCHNIK, S. (1981): Fließgewässer im Ballungsraum Ruhrgebiet: Ökologische Grundlagenerhebung in der Stadt Bochum. In: Decheniana 141, S. 296 - 311

ZUCCHI, H. Hrsg. (1986): Fische. Unterricht Biologie 10, Heft 113

FISCHE IM UNTERLAUF DER RUHR/STADTGEBIET MÜLHEIM

© DUH-Schulen für eine Lebendige Elbe

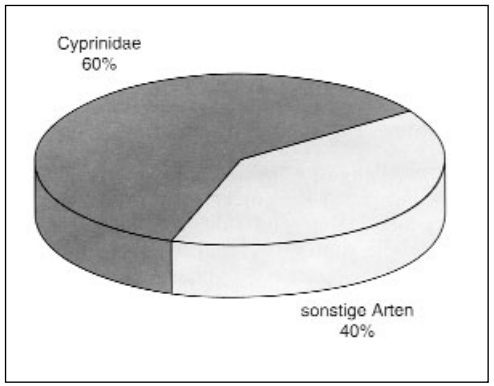


Abb. 1: Anteil der Cyprinidae an den Gesamtarten (Cyprinidae = Karpfenartige, „Weißfische“)

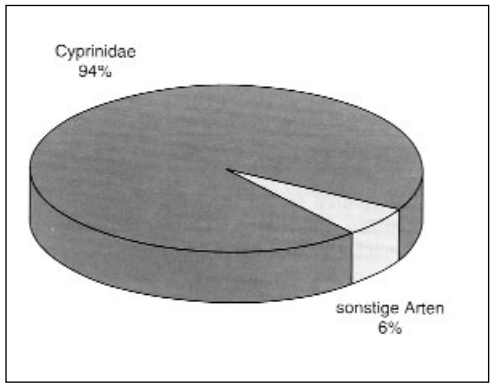


Abb. 2: Anteil der Cyprinidae an den Gesamtindividuen

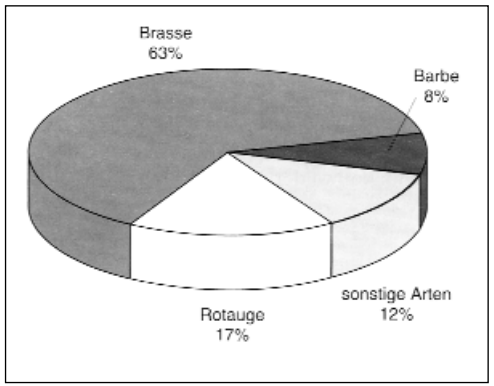


Abb. 3: Anteil der dominanten Fischarten (%)

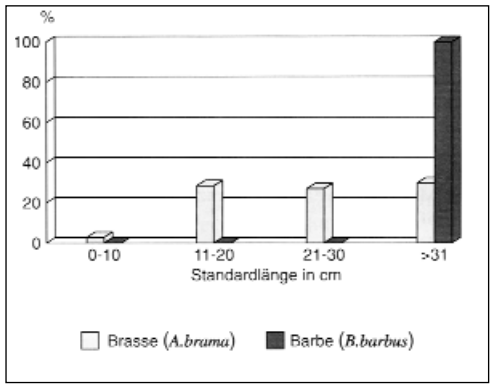


Abb. 4: Längenverteilung von Brasse und Barbe. Verteilung der Fische in den Größenklassen,
Daten vom 19.03. - 23.04.1993

Aufgaben:

1. Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen die Ergebnisse einer Fischzählung in Rechenanlagen im Frühjahr 1993 an der Ruhr. Beschreiben Sie die Abbildungen und ordnen Sie den Ruhrabschnitt einer Fischregion zu! Begründen Sie Ihre Zuordnung.

2. Diskutieren Sie anhand der Abbildung 4 die Verteilung der Fische in den unterschiedlichen Längenklassen im Vergleich! Worauf könnte die Verteilung hinweisen? (Die beiden Fischarten werden annähernd gleich groß; kleine Fische sind methodenbedingt unterrepräsentiert, es handelt sich nicht um Besatzfische.)

1. Planktonuntersuchungen im Wahlpflichtunterricht der Klassenstufe 8

DIETMAR HAUFE* von der Realschule Cottbus-Sielow stellt seinen Unterrichtsgang zum Thema (Plankton) im Begleitheft zu der vom Medienpädagogischen Zentrum des Landes Brandenburg herausgegebenen Diareihe „Süßwasserplankton im Schulunterricht“ vor:

„In der Klassenstufe 8 kulminiert das Thema Fließgewässer im ersten Halbjahr in der Ermittlung der biologischen Gewässergüte nach XYLANDER/NAGLSCHMID*. Im zweiten Halbjahr führt ein Kurs Plankton in der letzten Unterrichtsstunde zur halb qualitativen und quantitativen Untersuchung einer Planktonprobe, deren Ergebnis protokolliert wird. Hier soll der Aufbau des Kurses wieder nur kurz skizziert werden:*

Kursbaustein „Plankton“ im Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe“

1. Stunde	Lebewesen des Planktons
2. Stunde	Das freie Schweben – Anpassungen der Plankter an ihren Lebensraum
3. Stunde	Plankton im Stoffkreislauf
4. Stunde	Planktonfischen, Methoden
5. Stunde	Wo finden wir Plankton?
6. Stunde	Transport von Plankton
7. Stunde	Planktonmikroskopie, Tricks und Kniffe
8./9. Stunde	Wir mikroskopieren Plankton/ Kennenlernen von Plankton
10. Stunde	Zeigerarten des Planktons
11. Stunde	Vorbereitung der qualitativen Erfassung einer Planktonprobe Protokollvorstellung
12. Stunde	Untersuchung einer Planktonprobe aus der Spree Bestimmen der enthaltenen Planktongruppen und ihrer Häufigkeit nach einem einfachen Schlüssel Erstellen des Internetprotokolls für das Projekt „Schulen für eine Lebendige Elbe“.

Die Bestimmung des Planktons wird nur bis zu den hauptsächlichen Gruppen des Phyto- und Zooplanktons verlangt. Wenn Arten sicher bestimmt werden können, sind sie auch als Art einzutragen. Zeigerarten werden gesondert erfasst.“

Hierzu wurde mit feinmaschigen Planktonnetzen gearbeitet, so dass sie sowohl pflanzliches als auch tierisches Plankton erfassten.

** HAUFE, D. (2000): Plankton-Mikroskopie im Unterricht. In: Süßwasser-Plankton im Schulunterricht – Begleitheft zur Diareihe. Potsdam (Medienpädagogisches Zentrum), S. 19 - 42*

2. Anpflanzen einer Weichholzaue durch das Gymnasium An der Rüstenbreite in Aken

Bericht der Mitteldeutschen Zeitung/ Köthener Zeitung von Sonnabend, dem 27. November 1999:

AN DER ELBE BEI AKEN WIRD PROJEKT ZUR ERHÖHUNG DES ÖKOLOGISCHEN WERTES DER WEICHHOLZAUE UMGESETZT

Pflanzaktion – Frisches Futter für den Biber

AKEN/MZ/MB. Wie der Zufall so spielt: Als am Donnerstag Vertreter von Deutscher Umwelthilfe (DUH) und Naturschutzbund (NABU) gemeinsam mit Schülern aus dem Gymnasium An der Rüsternbreite in der Nähe der Elbe bei Aken eine Pflanzaktion durchführten, bekamen sie gleich noch die imposantesten Vertreter der Auenlandschaft zu Gesicht – drei Biber, die an einem halbverfallenen Erdbau beobachtet werden konnten.

Ein glücklicher Zufall deshalb, weil die Pflanzaktion genau dem Biber galt. Mit dem Projekt „Neue Lebensräume an der Elbe“ soll dazu beigetragen werden, dass der ökologische Wert der Elbtalaue und der angrenzenden Gewässer wieder erhöht wird. Wovon besonders der Biber profitieren soll: Denn im Überflutungsbereich zwischen Aken und Dessau wird die Weichholzaue durch gezielte Anpflanzungen aufgewertet, und deren Hölzer sind wichtiges Nahrungsangebot für den Biber in den Winter- und frühen Frühlingsmonaten. Das Projekt ist eine gemeinsame Aktion von DUH und NABU, wobei erste die Koordination und Organisation übernommen hat und der Arbeitskreis Biberschutz des NABU für die inhaltliche Betreuung und fachgerechte Umsetzung verantwortliche zeichnet.

Legende zu den Abbildungen:
Abb. 4.9.1. Rund 500 Weidenstecklinge brachten die Schüler aus dem Köthener Gymnasium Aken der Rüsternbreite an vielen kleinen Weihern im Rückraum der Elbe am Donnerstag in die Erde, MZ-Fotos: Heiko Rebsch
Abb. 4.9.2. Bis zu den Pflanzstellen war es ein ziemlicher Anmarschweg.

„Und weil das Gymnasium An der Rüsternbreite am Projekt Lebendige Elbe teilnimmt, haben wir dort nachgefragt, ob uns Schüler bei der Anpflanzung unterstützen können, und das hat ganz hervorragend geklappt“, freut sich Ines Wittig von der DUH. Gemeinsam mit der Biologielehrerin Margit Heinol waren Stefanie Strubl, Alexander Bieler, Toni Fröschke, Hauke Heidenreich, Mathias Schmidt, Steffen Marquardt, Sören Poland, Stefan Reitmeyer und Eric Vorrath, allesamt aus der 7. Klasse, zwei Nachmittagsstunden lang im Gelände und sorgten dafür, dass rund 500 Weidenstecklinge in den Boden kamen.

Das Ganze hat den Charakter eines Pilotprojektes für Sachsen-Anhalt, erläutert NABU-Mann Uwe Knöfler. Die Weichholzaue sei seit Jahren drastisch zurückgegangen, erneuere sich nicht von selbst, so dass man sich in dieser Hinsicht engagieren müsse. Die Anpflanzungen erfolgen an kleinen Weihern in der Nähe der Elbe, aber in einer Art und Weise, „dass die Biotope nicht zugepflanzt werden“, unterstreicht Knöfler. Insgesamt sind zwölf Gebiete ausgewählt worden, wo letztlich etwa 1000 Strauch- und Baumweiden angesiedelt werden sollen. Die vorhandenen Reste der Weichholzaue sollen dabei „mosaikartig“ vernetzt werden. „Wobei hier auch dem Bundesforstamt in Roßlau, dem das Gelände gehört, und dem Agrarunternehmen, das das Gebiet bewirtschaftet, Dank gebührt“, sagt Ines Wittig. Man habe viel Unterstützung gefunden, wie auch beim Regierungspräsidium, das die Förderanträge bearbeitet hat — insgesamt werden in das Vorhaben 50 000 Mark gesteckt, bei einem Eigenanteil der DUH von 20 Prozent.

Was die Weiden selbst angeht, so gibt der hallesche Biologe Urs Jäger die Richtung an, einer der raren Experten auf diesem Gebiet. „Es kommen nur Weiden in die Erde, die im Biosphärenreservat vorkommen, reinrassige Arten, bei genetischer Vielfalt. Es sind nie mehr als zwei Steckhölzer von einem Baum geschnitten worden.“

Wenn die Pflanzaktion vorüber ist, ist für den NABU die Arbeit noch nicht beendet. Dann geht es um die Pflege der Stecklinge. „Etwa zwei Jahre lang müssen wir die Wiesen um die Stecklinge ausmähen. Erst wenn die Weiden über die Krautschicht hinaus sind, kann man damit aufhören.“ Und in etwa zwei, drei Jahren kann man auch die Zäune um die Pflanzgebiete entfernen. Dann kann auch Freund Biber an diese interessante Nahrungsquelle heran.

Die mittels der geomorphologischen, chemischen und biologischen Gütebestimmung erzielten Indizes sind häufig von erstaunlich großer Übereinstimmung. Doch dies soll nicht zu Fehlschlüssen verleiten. Die Beziehungen zwischen diesen doch recht unterschiedlichen Methoden sind äußerst komplex:

1. Die Zuordnung der Gewässergüteklassen orientiert sich vorrangig an der Belastung mit organischen, biologisch abbaubaren Inhaltsstoffen. Diese Art der Belastung steht bei den meisten Gewässern im Vordergrund. Das Beurteilungssystem kann die unterschiedliche Empfindlichkeit biologischer Gleichgewichte in verschiedenen Regionen nur unzureichend berücksichtigen.

2. Die Belastung von Fließgewässern mit von Schulen nicht messbaren toxischen Stoffen, weder messbar noch beobachtbar, führt zu ähnlichen Auswirkungen wie eine überhöhte organische Belastung, die bei der chemischen Gütebestimmung erfasst wird, ohne dass hier die Ursache erkannt werden kann.

3. Die anhand der makroskopischen Wirbellosenfauna ermittelte Gewässergüte kann durch geomorphologische Faktoren des Gewässers beeinflusst werden, die die chemisch-physikalisch ermittelte Wasserqualität jedoch nicht verändern.

4. Die Veränderung der Gewässerstruktur führt zu Veränderungen bei den Fischbeständen mit Rückwirkungen auf die Wirbellosenfauna.

Vergleich der Ergebnisse der biologischen und chemischen Gütebestimmung*

Für einen Vergleich der biologischen und chemischen Gütebeurteilung lassen sich in Anlehnung an HÜTTER (1990) die folgenden Thesen aufstellen:

1. a) Die biologische Gütebestimmung ermittelt Durchschnittswerte über die Beschaffenheit des Wassers. Diese Durchschnitts- und Langzeitaussage wird durch die Lebensdauer und die Entwicklungsstufen der makroskopischen Bioindikatoren bestimmt; das gilt insbesondere für Wirbellose und aufgrund ihrer Ortsbindung für Höhere Pflanzen. Sind z. B. nur Jugendstadien einer Art mit mehrjähriger Entwicklung vorhanden, muss auf eine schädigende Belastung in einem bestimmten Zeitraum geschlossen werden.

   b) Chemische Untersuchungen erbringen Kurzzeitaussagen. Eine Einleitung von Schadstoffen kann chemisch nur zum Zeitpunkt der Belastung am Probenahmeort erfasst werden und u. U. nach einigen Stunden oder Tagen wenig gültig sein.

2. a) Die biologische Untersuchung liefert schon bei einer Analyse einen Durchschnittswert.

   b) Der Chemiker muss regelmäßig Analysen durchführen, ggf. Monatsmischproben nehmen oder kontinuierlich messen.

3. Die biologische Beurteilung erfolgt aus den unter 2 a genannten Gründen schneller.

4. a) Durch die biologische Methode können Veränderungen der Lebensgemeinschaft nachgewiesen werden. Diese Veränderungen können durch eingeleitete Schadstoffe oder durch extreme klimatische Bedingungen hervorgerufen worden sein.

   b) Mit Hilfe der chemischen Methoden können die schädlichen Stoffe nach Art und Menge bestimmt werden.

5. a) Die biologische Bestimmung kann den Einfluss einer hohen Nährsalzfracht nur in bestimmten Stadien der Gewässerentwicklung erfassen.

   b) Die chemischen Analysen registrieren eine hohe Nährsalzbelastung bei Probenahme sofort.

6. Die biologische und die chemische Gewässeranalyse sind stark vom Probenahmeort abhängig. So bestimmen morphologische Faktoren des Gewässers das Ergebnis der biologischen Untersuchung. An Ruhigwasserstellen sedimentieren belastende Inhaltsstoffe und bieten Indikatororganismen anderer Güteklassen ihre ökologische Nische. Im Bereich von Stillwasserzonen kann der Sauerstoffgehalt entscheidend mit kleinen Veränderungen des Probenahmeortes schwanken.

Die beiden Methoden stehen in keiner Konkurrenz zueinander, sondern ergänzen sich gegenseitig. Gemeinsam lassen sie eine genauere Aussage über die Güte und Lebensfreundlichkeit eines Fließgewässers zu.

* *BARNDT, G. & BOHN, B. (1985): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. Berlin (Pädagogisches Zentrum). Aktual. Nachdruck 1996[7] Bonn (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz), S. 40*

Für eine angemessene Auswertung sollte zunächst eine möglichst maßstabsgetreue Skizze des Untersuchungsgebiets angefertigt werden, in der die nähere Umgebung und die Zuflüsse sowie die Mess- und Beobachtungspunkte einzutragen sind.

Sollte ein Herbarium angelegt werden, ist dieses – ebenso wie weitere mögliche Zeichnungen und Fotografien – auf Vollständigkeit und Korrektheit der Beschriftung zu überprüfen.

Wenn man mit derart unterschiedlichen Methoden die ökologische Güte eines Gewässers bestimmt, ist es verführerisch, die ermittelten Indizes miteinander zu verrechnen. Doch dies ist nicht unproblematisch:

- Wenn man die Konzentration verschiedener Nährsalze misst und die ökologische Bewertung dieser Konzentrationen miteinander verrechnet, bestimmt man einen Wert, der etwas über eine mögliche Eutrophierung des Gewässers aussagt. Dies zu verrechnen ist u. U. sogar ausgesprochen sinnvoll, kommt es doch z. B. nicht nur darauf an, dass im Wasser wenig Nitrat gelöst ist, sondern auch darauf, dass die Konzentration des Gesamtstickstoffs, also auch des Ammoniums und Nitrits, niedrig ist.
- Ebenso ergibt die Verrechnung des Auftretens bestimmter an den Standort angepasster Pflanzen- oder Tierarten eine Aussage über die Qualität eines Gewässers und seiner Lebensgemeinschaft.
- Schließlich beeinflussen die Bachsohle ebenso wie der Uferbewuchs und das Ufer die Existenzmöglichkeiten bestimmter Tierarten, und so können auch ihre Bewertungen für eine quantitative Aussage zur Gewässerstruktur verrechnet werden.

Etwas ganz anderes ist es aber, wenn die Bewertungen der Bachsohle und der Nitratkonzentration miteinander gemittelt werden. Das ist nicht zulässig und auch nicht sinnvoll. Oben wurde ausgeführt, dass z. B. die Verbesserung der Wasserqualität und damit die Minderung der Konzentration des Nitrats wenig Auswirkungen auf die Lebensgemeinschaft zeigt, wenn nicht die Gewässerstruktur, also in diesem angenommenen Fall die Bachsohle, verbessert wird.

Hinter der Frage nach der Verrechnung von Indexen verbirgt sich die grundlegendere nach der Veranschaulichung derart ungewohnter Verfahren und Bewertungen, wie sie in der folgenden Tabelle aufgelistet sind:

Bewertung nach LAWA	I blau	I - II hellblau	II grün	II - III hellgrün	III gelb	III - IV orange	IV rot
Bewertung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie	1 sehr gut (blau)	2 gut (grün)		3 mäßig (gelb)	4 unbefriedigend (orange)	5 schlecht (rot)	
Gewässerstruktur	1,0 - 1,6	1,7 - 2,4		2,5 - 3,4	3,5 - 4,4	4,5 - 5,0	
Wasserqualität: Lebensbedingungen	1	2		3			
Chemisch-physikalische Wasserqualität	100 - 84	83 - 74	73 - 57	56 - 45	44 - 28	27 - 18	17 - 0
Lebensgemeinschaft nach Wassmann/ Xylander & Naglschmid	1	2		3	4	5	
Saprobienindex	1,0 - 1,4	1,5 - 1,7	1,8 - 2,2	2,3 - 2,6	2,7 - 3,1	3,2 - 3,4	3,5 - 4,0

Zunächst sollte man das Bewertungsverfahren auswählen, sinnvollerweise die EU-Wasserrahmenrichtlinie, sofern nicht andere Unterrichtsmaterialien mit der bisherigen Bewertung der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser arbeiten.

Als graphische Darstellung bieten sich unterschiedliche Verfahren an:

- Wenn Kartenmaterial oder geographische Skizzen vorliegen, kann der Gewässerverlauf mit den entsprechenden Farben für die verschiedenen Messungen markiert werden.
- Auf einem Zahlenstrahl können die einzelnen Bewertungen aufgetragen werden.
- Die Bewertungen können in Diagrammen farblich veranschaulicht werden. Hierbei können die Flächen noch für die einzelnen Beobachtungen bei der Analyse der Gewässerstruktur und die einzelnen chemischen und physikalischen Messwerte bei der Analyse der Wasserqualität unterteilt werden. (Die Bewertungsstufen sind im Einzelnen in den jeweiligen Kapiteln benannt.)

  Dabei ist darauf zu achten, dass die Flächen für Gewässerstruktur, Wasserqualität und Lebensgemeinschaft auch dann gleich groß sind, wenn sie mit einer unterschiedlichen Anzahl von Beobachtungen und Messungen untergliedert werden. 5 chemische Analysen dürfen nicht 5-mal so groß wie der Saprobienindex dargestellt werden. Wenn die Schüler umrechnen können, empfiehlt sich ein Tortendiagramm.

Zum Abschluss sind u. U. anhand der Fragestellung, wie man Derartiges rechnerisch und graphisch darstellt, die Ergebnisse untereinander zu vergleichen, die Stärken und Schwächen der verschiedenen Messmethoden zu erläutern und mögliche Einflussgrößen zu benennen. Es sollte umfassend der Zustand des Fließgewässers diskutiert werden.

Ideal ist es, wenn dies in einer generalisierenden Weise geschieht, bei der allgemeine ökologische Zusammenhänge mit erarbeitet werden, wie z. B. der Stickstoffkreislauf, s. die Anmerkung zum Nitrit im Kap. 3 Wasserqualität und die Abb. 3.1.1: Der Stickstoffkreislauf in einem Binnengewässer, der Energiefluss bei der Frage der Beschattung der Bäche oder der Vergleich des Eintrags atmosphärischen Sauerstoffs in ein turbulentes Gewässer mit der Sommerstagnation der Binnenseen.

In diesen Materialien sind keine geschlossenen Unterrichtsreihen vorgestellt worden, sondern unterschiedliche Untersuchungsverfahren, die in Unterrichtsreihen eingesetzt werden können, die sich im weitesten Sinne mit Fragen des Gewässerschutzes beschäftigen.

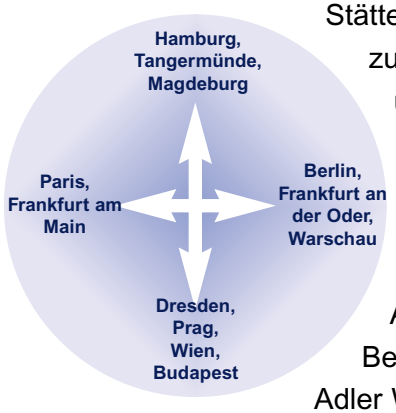
Bestimmte Inhalte können in unterschiedlichen Zusammenhängen thematisiert werden, weswegen manche Ausführung auch wiederholt in anderen Zusammenhängen gemacht wird. So kann das Anfertigen einer skizzenhaften Karte eines Gewässers und seines Umfeldes Einstieg in geschichtliche Betrachtung, Üben im Anfertigen von Karten und Maßstabsberechnungen, Ausgang für Strukturgüteuntersuchungen, Protokoll für biologische und chemische Gewässeranalyse oder Grundlage der Berechnung von Schadstoffbilanzen sein.

Dies kann um einen Blick in Karten, wenn möglich auch alte Karten, ergänzt werden, in denen bei Straßennamen, Verlaufsänderungen und geänderten Nutzungsflächen ehemalige Bäche, Flussschlingen und -verläufe wieder entdeckt werden. Im Stadtrundgang können Hinweise auf frühere Flussnähe und Hochwasser gesucht werden, eventuell auch im Stadtarchiv.

Der Einsatz dieser Untersuchungsverfahren wird aus drei wesentlichen Gründen sehr empfohlen:

1. Mit diesen Untersuchungsverfahren kommt man in angemessener Zeit zu aussagekräftigen Ergebnissen. Sie sind deshalb für schulische Ökologieprojekte gut geeignet.
2. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Untersuchung als Feldmethode durchgeführt werden kann, Ökologie also am realen Objekt vermittelt wird.
3. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, die Auswirkungen der näheren Umgebung auf das Gewässer in die Beurteilung mit einzubeziehen, also die so oft beschworene Ganzheitlichkeit erkennbar zu machen.

Fließgewässer sind weitaus mehr als ein der Idylle natürlicher Unberührtheit verhaftetes vornehmlich biologisches Thema. Das in Fließgewässern transportierte Wasser wird in diesem Jahrhundert wichtiger werden als fossile Energie. Fließgewässer sind in unseren Breiten gleichermaßen Naturraum, Ort der Besinnung und Stätte von „fun“ und Outdoorsport. Ihr Einzugsgebiet ist Raum für Landwirtschaft und Industrie. So wie Zusammenflüsse und Furten Orte menschlicher Siedlungen wurden, sind Fließgewässer, genauer gesagt deren Zustand, Zeugnis menschlicher Aktivitäten. Von gleichsam symbolischer Bedeutung ist, dass See- und nicht andere Adler Wappentiere der Vereinigten Staaten und Deutschlands wurden.



Wasser und Fließgewässer werden von Händels Wasser- und Feuerwerksmusik bis zu der EU-Wasserrahmenrichtlinie und von der Bestimmung wirbelloser Tiere bis zu Fragen der Hygiene Themen unterschiedlichster Fächer sein. Untersuchung, Renaturierung und Unterhalt von Fließgewässern sind nicht nur in Biologie, Chemie und Erdkunde Themen. Sie beschäftigen uns ebenso in heimat- und sozialkundlichen Bereichen anderer Fächer – das ist in den einzelnen Bundesländern unterschiedlich. Konfrontiert damit werden wir z. B. auch beim abschließenden Rollenspiel, bei den Wasserabflussmengenberechnungen in Mathematik oder mit der Veröffentlichung von Informationen in Kunst oder Informatik.

In einem kleinen Projekt oder in Arbeitslehre kann eine Flusslandschaft aus unterschiedlichen Bodenmaterialien gebaut und anschließend vorsichtig beregnet werden. Man beobachtet dann das Abflussgeschehen und in einer Erweiterung u. U. die Folgen von Flurbereinigungen und Rekultivierungen.

Wenn Wasser und Fließgewässer also Unterrichtsthemen mit großen Schüleraktivitäten sein können, sie eine große Bedeutung in der heutigen Welt haben, hier ebenso wie in Übersee, spricht viel dafür, sie auch zum Thema des Unterrichts zu machen.

Wie soll dies aber organisiert werden, wenn diese Themen äußerst komplex sind und die Schule rigide in Unterrichtsfächern und Stundenplänen organisiert und zergliedert ist?

Zunächst gibt es eine schlichte Antwort, und man soll sie nicht verschweigen: Viele Einzelthemen aus dem Bereich der Fließgewässer können isoliert behandelt werden, ohne dass die Aussagen zu sehr verzerrt würden. Reizvoller ist es jedoch aus inhaltlichen wie auch methodischen Gründen, interdisziplinär zu unterrichten.

Ein derartiger Unterricht setzt voraus, dass sich **Lehrkräfte verschiedener Unterrichtsfächer** im fachlichen Austausch **miteinander ergänzen**. Dies ist bekanntlich schulorganisatorisch und in der Tradition der deutschen Schule nicht einfach. Unterschiedliche Organisationsformen fächerübergreifenden Unterrichts haben sich in den vergangenen Jahren herausgebildet:

- Fächerübergreifende **Leitthemen** werden – erkennbar getrennt – in bestimmten Fächern unterrichtet. Die Lehrerinnen/Lehrer stellen dabei Bezüge her. Die Zusammenhänge sind von den Schülerinnen/Schülern zu erfassen.
- Beim **Leitfach**prinzip werden die Themen vornehmlich in einem Fach unterrichtet, ergänzt durch die Behandlung von Teilfragen in weiteren Fächern. Ist dies nicht möglich, sind diese Inhalte im Leitfach zu berücksichtigen.
- Eine Erweiterung erfahren diese Organisationsformen mit interdisziplinären Elementen, wie z. B. **Projekttagen**, Exkursionen.
- Beim **Projektunterricht** geben alle am Projekt beteiligten

Fächer die Stunden in einen gemeinsamen Topf (Stundenpool). Die beteiligten Fachlehrer betreuen das Projekt, die Fachgrenzen sind aufgehoben.

Die hier vorgelegten Bausteine sind dementsprechend geplant. Es ist jedoch nicht in allen Schulen immer möglich, fächerübergreifend resp. fächerverbindend zu unterrichten. In diesen Fällen wird man allein und dabei interdisziplinär zu unterrichten haben.

Für lebensnahe Fragestellungen und komplexe Themen bietet sich der Projektunterricht an. Gerade bei fächerübergreifenden Vorhaben wird er empfohlen. Im Projektunterricht werden unterschiedliche Zugänge eröffnet, komplexe Gegenstände untersucht und interdisziplinäres Denken geübt. Allein schon aus Zeitgründen verbietet sich zum anderen, allzu häufig Projekte in Angriff zu nehmen. Sollten die Materialien zur „Untersuchung von Fließgewässern und ihres Einzugsbereichs“ nicht im Projektunterricht zur Anwendung kommen, bleibt der Lehrgangsunterricht.

Müller berichtet von der Renaturierung eines Stadtbaches durch Oberstufenschüler, und weitere Unterrichtsanregungen gibt Fey.

Nicht angemessen wäre es, in Ermangelung der Möglichkeit eines Projektunterrichts oder der Möglichkeit fächerübergreifenden Unterrichts die Problematik des Wassers und der Fließgewässer überhaupt nicht zu unterrichten.

Das folgende Praxisbeispiel des Immanuel-Kant-Gymnasiums in Magdeburg zeigt, wie ein Kurs „Lebendige Elbe“ unter schulüblichen Bedingungen veranstaltet werden kann. Die Schule hat einen Rahmenplan für den Wahlpflichtbereich der 9. und 10. Klassen entwickelt und mit gutem Erfolg und wiederholt erprobt. Und ein wiederum ganz anderes Vorgehen wird zum Abschluss mit einem Rollenspiel vorgestellt.

FEY, J. M. (1994): Ökosystem Stadtbach. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 43, Heft 2, S. 2 - 8

HÜTTER, L. A. (1990): Wasser und Wasseruntersuchung. Frankfurt (Diesterweg/Salle)

MÜLLER, F. (1994): Die Renaturierung eines Stadtbachs – eine ökologische Bewertung in einem Ökologiekurs der Sekundarstufe II. Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 43, Heft 2, S. 35 - 42

I Rahmenplan*
Wahlpflichtbereich 9./10. Klasse
„Lebendige Elbe“

IMMANUEL-KANT-GYMNASIUM IN MAGDEBURG

1 Ziele und fachdidaktische Konzeption

Der Kursunterricht „Lebendige Elbe“ leistet einen Beitrag zur

- Entfaltung individueller Fähigkeiten
- Erziehung zu sozialer Verantwortung
- Orientierung an Grundwerten
- Selbstverwirklichung in sozialer Verantwortung

Im kognitiven Bereich sollen die Schülerinnen und Schüler

- biologische, chemische und physikalische Erscheinungen beobachten, beschreiben und unter Verwendung von Fachtermini erklären können
- das Experiment als wesentliche Methode naturwissenschaftlichen Arbeitens selbstständig anwenden können (einschließlich Planung, Durchführung, Protokollierung und Auswertung)
- komplexe naturwissenschaftliche Zusammenhänge erkennen können
- das Zusammenwirken von Organismen im Gewässerökosystem, die Bedeutung von chemischen und physikalischen Parametern und die Empfindlichkeit und Gefährdung lebender Systeme erkennen können
- Experimente unter festgelegten Bedingungen durchführen und Mess- und Beobachtungsergebnisse in verschiedenen Darstellungsformen (Tabellen, Grafiken und Diagrammen) auswerten können

Die Auswahl der Inhalte ergibt sich aus den Anforderungen der Wissenschaften Biologie und Chemie, den Lebensbedürfnissen und Interessen der Schülerinnen und Schüler und den gesellschaftlichen Entwicklungsprozessen.

Auswahl und Anordnung der Unterrichtsinhalte sollen einem methodenreichen und zeitgemäßen Unterricht entsprechen und der Ganzheitlichkeit der Betrachtung eines ausgewählten biologischen Systems dienen. Schwerpunktmäßig wird sich im Unterricht „Lebendige Elbe“ auf folgende Prinzipien des Lebens bezogen:

- Das Leben ist auf verschiedenen Strukturebenen organisiert.
- Struktur und Funktion sind auf allen Organisationsebenen miteinander gekoppelt.
- Organismen sind offene Systeme, die kontinuierlich mit ihrer Umwelt in Wechselbeziehung stehen.
- Vielfalt und Einheitlichkeit sind die zwei Seiten des Lebens auf der Erde.

** Für die Oberstufe wurde 1998 ein umfangreiches und interdisziplinäres Projekt von ASTRID WASMANN-FRAHM an der Theodor-Heuss-Schule in Pinneberg vorgestellt, das im Internet unter http://www.mpz.brandenburg.de/umwelt/cd_in_arbeit/pinneberg/le_home.htm dokumentiert ist.*

Fachdidaktische Grundpositionen:

- Kennenlernen übergreifender biologischer und chemischer Zusammenhänge
- Praxisbezug und Anwendungsmöglichkeiten des vermittelten Wissens beziehen sich auf für die Erhaltung des Lebens grundlegende Fragen und Probleme der Ökologie, Umweltbelastung und des Natur- und Umweltschutzes
- Beispiele für Organismen und Biotope von Gewässerökosystemen werden nach örtlichen Gegebenheiten und Interessen der Schülerinnen und Schüler ausgewählt
- Vertrautmachen mit Denk- und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften; biologisch-chemische Experimente und Untersuchungen im Freiland und im Labor als empirische Basis für das Ableiten kausaler Beziehungen, für die Arbeit mit Modellen und das Erkennen und Lösen von Problemen

2 Grundsätze der Unterrichtsgestaltung

2.1 Didaktische Grundsätze

Die didaktischen Grundsätze des Kursunterrichts „Lebendige Elbe“ lehnen sich im Wesentlichen an die der Fächer Biologie und Chemie an.

- Der Kursunterricht „Lebendige Elbe“ muss sich an den Phänomenen des Alltags und an Erfahrungen der Schüler und Schülerinnen orientieren, d. h. zum Erkennen und kausalen Erklären von Phänomenen des Lebens an einem Gewässer führen und zur Erfassung von komplexen Zusammenhängen befähigen.
- Der Kursunterricht „Lebendige Elbe“ muss handlungsorientierter und praxisbezogener Unterricht sein, d. h. neben kognitiven Anteilen erfolgt im Unterricht eine stärkere Hinwendung zu praktischen und geistig-praktischen Tätigkeiten. Besonderer Wert wird auf entdeckendes und forschendes Lernen gelegt, wobei kooperativ in der Gruppentätigkeit Elemente wie Planen und Durchführen von Untersuchungen, Beobachten, Beschreiben, Erkennen, Erklären, Ableiten kausaler Zusammenhänge, Auswerten, Diskutieren und Zusammenfassen der Ergebnisse enthalten sind.
- Der Kursunterricht „Lebendige Elbe“ muss wissenschaftsorientiert sein, d. h. an die Fachwissenschaften Biologie und Chemie anschließen. Bestimmte Inhalte, Methoden der Erkenntnisgewinnung und Denkweisen der Biologie und Chemie müssen einfließen. Hierbei erfolgt eine Konkretisierung im genauen Beobachten im Freiland und unter Laborbedingungen, in der sorgfältigen Planung und Durchführung von Experimenten und anschaulicher und verständlicher Ergebnisdarstellung und -auswertung. Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sollen zunehmend bewusst gemacht und angewendet werden.

- Der Kursunterricht „Lebendige Elbe“ muss sich an der Nutzung biologischen und chemischen Wissens in der Praxis orientieren, d. h. das im Unterricht erworbene Wissen muss mit verschiedenen Anwendungsbereichen in Beziehung gesetzt werden. Beispiele für Beziehungsgefüge sind:

  Ökologie ⟷ Landwirtschaft ⟷ Ökonomie
  Mikrobiologie ⟷ Biotechnologie ⟷ Umweltschutz
  Alltag ⟷ Umwelt ⟷ Lebenswelt

  Die Schülerinnen und Schüler sollen befähigt werden, das aktuelle Geschehen in Bezug auf biologische und chemische Zusammenhänge mitzuverfolgen und sich mit Informationen zu Umweltschutz, Chemie und Biologie in den Medien kritisch auseinanderzusetzen.

- Der Kursunterricht „Lebendige Elbe“ muss die Diskursfähigkeit der Schülerinnen und Schüler entwickeln, d. h. neben der Entwicklung sprachlicher Kompetenz bei der Anwendung der Fachsprache im chemischen und biologischen Bereich soll die soziale Kompetenz gefördert werden. Die Entwicklung der Teamfähigkeit als unabdingbare Voraussetzung für die Bewältigung interdisziplinärer Probleme wird durch Erziehung zu Kooperation und Kommunikation gefördert.

2.2 Unterrichtsverfahren und Unterrichtsorganisation

Als methodischer Grundsatz gilt im Fach „Lebendige Elbe“, von beobachteten, beschriebenen und durchdachten Naturphänomenen ausgehend, Hypothesen zu formulieren und diese gegebenenfalls durch Experimente zu überprüfen. Durch Selbstständigkeit beim Experimentieren sollen Erkenntnisprozess und Handlungsfähigkeit gefördert werden. Der Wechsel von erkenntnisorientiertem Unterricht und anwendungsorientierten Phasen soll in Verbindung mit der Vertiefung und Erweiterung des Wissens grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten weiterentwickeln und festigen.

Komplexe Aufgabenstellungen erfordern im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtungsweise fächerübergreifendes Unterrichten.

Die methodische Gestaltung orientiert sich am unterschiedlichen Können und Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler und sollte die unterschiedlichen Begabungsprofile nutzen und fördern. Folgende Differenzierungsmaßnahmen sind möglich:

- Aufgabenstellungen mit unterschiedlichem Anspruchsniveau
- Differenzierte Anleitungen
- Variabler Einsatz der Sozialformen des Lernens
- Differenzierung der Hausaufgabenstellung

Je nach Themenstellung, Jahreszeit und örtlichen Möglichkeiten sind Veranstaltungen außerhalb der Unterrichtsräume (z. B. Exkursionen) vermehrt zu nutzen. Angebote an Videos, Filmen, Diaserien und

Software sind in geeigneter Weise in die Unterrichtsorganisation einzubeziehen.

2.3 Fächerübergreifendes Arbeiten

Lebensweltbezogener naturwissenschaftlicher Unterricht bedingt die Berücksichtigung objektiv vorhandener Querverbindungen zu allen Naturwissenschaften. Im Kursunterricht „Lebendige Elbe“ ergibt sich dies aus der Kombination biologischer, chemischer und physikalischer Sachverhalte bei der ökologischen Betrachtung eines Lebensraums. Drei Fächer mit ihren speziellen Fachbereichen werden in diesem Sinne gekoppelt, und eine Vernetzung von Problemen über die Fächergrenzen hinaus wird deutlich. Durch das Überwinden fachspezifisch eingeengter Sichtweisen wird das Erkennen komplexer Probleme und Zusammenhänge unterstützt und der Transfer von Lösungsstrategien auf neue Sachverhalte gefördert.

3 Leistungen und Bewertung

3.1 Aspekte der Bewertung

Die Schülerinnen und Schüler erbringen im Verlauf des Lernprozesses unterschiedliche Leistungsnachweise. Diese sollen Auskunft über den Entwicklungsstand der Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten geben und Lerndefizite aufdecken.

Kriterien der Leistungsbewertung sind:

- Richtigkeit und Vollständigkeit des Fachwissens
- der Grad der Selbstständigkeit und die Sicherheit der Darstellung einfacher und komplexer Zusammenhänge
- die Fähigkeit, Probleme zu erfassen, kreative Lösungsansätze zu erstellen und mit jeweils angemessener Methode zu lösen
- die sprachlich einwandfreie Darstellung in logischer Abfolge

Formen der Lernkontrollen und Leistungsbewertung:
a) schriftliche Leistungsnachweise
Klassenarbeit

- Bewertung reproduktiver Leistungen, wie Beobachten, Beschreiben und Auswerten bekannter Experimente, Darstellen bekannter ökologischer und chemischer Sachverhalte, Zeichnen und Beschriften bekannter biologischer Strukturen
- Bewertung von Reorganisationsleistungen, wie das Wieder-

erkennen eines bekannten Sachverhaltes im neuen Zusammenhang, Umsetzen von Daten, Tabellen, Graphen und Abbildungen in die Fachsprache, das Übertragen von Wissen auf ein ähnliches Problem

- Bewertung von problemlösendem Denken, wie das selbstständige Entwickeln von Arbeitshypothesen aus Ergebnissen mehrerer Experimente, Erörtern kontroverser Aussagen, Entwickeln alternativer Lösungswege

b) mündliche Leistungsnachweise

Im Rahmen der mündlichen Leistungsnachweise können bewertet werden

- die Beteiligung am Unterrichtsgespräch
- der Grad der Selbstständigkeit bei der Gruppenarbeit
- die Kooperationsfähigkeit

c) fachspezifische Leistungsnachweise

- Sammeln, Bewahren und Ausstellen von Objekten
- Sammeln von Informationen zu aktuellen biologisch–chemischen Fragen und Anfertigung von Informationstafeln
- Anfertigen von Modellen
- Beschreiben und Erklären von Naturobjekten in Dokumentationen
- Auswerten von Daten in Tabellen, grafischen Darstellungen und Übersichten
- Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten
- Fertigkeiten bei der Handhabung von Mikroskop, Messgeräten und Materialien
- Verantwortlicher Umgang mit Geräten und Chemikalien
- Anfertigen mikroskopischer Zeichnungen
- Fähigkeit zur Nutzung biologischer Bestimmungsliteratur

3.2 Übersicht zur Leistungsbewertung in den Klassen 9 und 10

	Anzahl Klassenarbeiten	Arbeitszeit in Minuten	Wichtung der KA in %
1. Schulhalbjahr	1	45	40
2. Schulhalbjahr	1	45	40

4 Übersicht zu Aufgabenbereichen, Themen und Inhalten

4.1 Themenbereiche 9. Schuljahrgang

	THEMEN	STUNDEN
1	**Lebendige Flüsse – Lebendige Elbe** Ziele und Bedeutung der bundesweiten Gewässerschutzmaßnahmen	**2**
2	**Der Fluss – ein besonderes Ökosystem**	**22**
2.1	Das Ökosystem Fluss als Einheit von Biotop und Biozönose	2
2.2	Organismen des Flusses und ihre Wechselbeziehungen • Fangtechniken / Umgang mit Geräten und Materialien • Umgang mit Organismen • Bestimmung und Systematisierung Wirbelloser • makroskopische und mikroskopische Untersuchungen Exkursionen • Anpassung der Organismen an ihren Lebensraum • Wechselbeziehungen zwischen den Organismen	14
2.3	Abiotische Faktoren des Flusses und ihre Bedeutung für die Organismen • Bau / Lebensweise und Anpassungserscheinungen • abiotische Faktoren im Wechsel der Jahreszeiten (Temperatur, Lichteinfall, Sauerstoffgehalt u. a.) • Veranschaulichung der Ergebnisse in unterschiedlichen Darstellungen (Tabellen, Diagramme) • Beeinflussung der Organismen	6

	THEMEN	STUNDEN
3	**Der Elbe-Biber - Ein Beispiel für eine bedrohte Tierart** • Bedrohung durch den Menschen • Artenschutz in Deutschland • Möglichkeiten und Grenzen	**8**
4	**Leistungsbewertung** • Klassenarbeiten, Tests, LK	**4**

4.2 Themenbereiche 10. Schuljahrgang

	THEMEN	STUNDEN
1	**Gewässergütebestimmung**	**12**
1.1	Biologische Gewässergütebestimmung • Bestimmung von Saprobien (makroskopisch und mikroskopisch) • Ermittlung des Saprobienindex • jahreszeitliche Veränderungen	5
1.2	Chemische Gewässergütebestimmung • Umgang mit Geräten und Chemikalien der Messkoffer • chemische Analyse von Sauerstoffgehalt, BSB 5, Nitrat-, Phosphat-, Nitrit- und Ammoniumgehalt und ihre Bedeutung für die Organismen des Wassers • Bedeutung von Schwermetallen • jahreszeitliche Veränderungen	5
1.3	Komplexes Wirken abiotischer und biotischer Faktoren / Beeinflussung der Gewässergüte / Selbstreinigungskraft eines Flusses	2
2	**Gesamtbetrachtungen zu einem Fließgewässer** • Kartierung und Herstellung von Profilansichten • Ermittlung und Auswertung der Gewässergüte • Diskussion möglicher Ursachen und deren Folgen	**4**

	THEMEN	STUNDEN
3	**Andere Gewässerökosysteme**	**12**
3.1	Der See - ein stehendes Gewässer • vergleichende Betrachtungen hinsichtlich Strukturen, biotischer und abiotischer Faktoren, der Selbstreinigungskraft und des biologischen Gleichgewichts • Exkursion (z. B. BUGA-Seen)	6
3.2	Das Wattenmeer – „Mündungsmeer“ der „Lebendigen Elbe“ • Besonderheiten eines Süß-, Brack- und Salzwasserökosystems (Ästuars) • Einfluss der Gewässergüte der Elbe auf dieses Ökosystem • eventuelle Exkursion zum Mündungsbereich der Elbe	6
4	**Eingriffe des Menschen in Gewässerökosysteme und deren Folgen** • ökonomische und ökologische Aspekte (z. B. Tankerschifffahrt, Flussbegradigungen und -vertiefungen, Eindeichungen u. a.) • Möglichkeiten und Grenzen der Einflussnahme durch den Menschen	**4**
5	**Leistungsbewertung** • Klassenarbeiten, Tests, LK 4	**4**

Fächerübergreifende Themen in den Schuljahrgängen 9 und 10

Themenkomplex: Ökologisch verantwortungsvoller Umgang mit natürlichen Ressourcen (siehe RRL Biologie)

II. Rollenspiel – Das umstrittene Knie bei Nassfuß

Von Kerstin Feltgen in Graw, M. (2002): Hochwasser – Naturereignis oder Menschenwerk? Bonn (Vereinigung Deutscher Gewässerschutz), Schriftenreihe Bd. 66, S. 69-71

Nachfolgendes Fallbeispiel zur Umsetzung einer Hochwasserschutzmaßnahme kann als Diskussionsgrundlage genutzt werden. Dabei vertreten mehrere Schüler eine Interessengruppe. In einem Rollenspiel stellen alle an der Planung des Retentionsraumes beteiligten Gruppen ihre Positionen dar und versuchen gemeinsam einen Konsens zu finden. Ein Teilnehmer oder der Lehrer übernimmt die Moderation dieser Konferenz.

Zu Hochwasserschutzzwecken plant die Stadt **Nassfuß** am **Lang**, einem großen, als Wasserstrasse ausgebauten Fluss in Deutschland, die Schaffung eines Retentionsraums. Dieser Retentionsraum, genannt **„Umstrittenes Knie“**, liegt einige Flusskilometer oberhalb von **Nassfuß** in einem Bogen des **Lang** und wird in erster Linie landwirtschaftlich genutzt. Nördlich grenzt die Ortschaft **Graunord**, südlich liegt der Ort **Südblau**. Bisher sind die Ortschaften und der landwirtschaftlich genutzte Bereich durch einen Deich vor Hochwasser geschützt. Steigt das Hochwasser höher als 10,70 m (**Pegel Nassfuß**; alle weiteren genannten Pegelstände beziehen sich auf den **Pegel Nassfuß**) an, so werden der Deich und die dahinter liegenden Ackerflächen und Teile der Wohngebiete überschwemmt. Solche Hochwasserereignisse treten durchschnittlich alle 50 Jahre auf. Um die Ortschaften **Graunord** und **Südblau** auch vor durchschnittlich alle 200 Jahre auftretenden Hochwassern zu schützen, sollen der Retentionsraum geschaffen und ein neuer Deich gebaut werden. Dieser hält dann Hochwasser bis maximal 11,90 m zurück. Der Abstand des Deichs zur Wohnbebauung wird überwiegend mehr als 50 m betragen. Der vorhandene Altdeich am **Lang** soll erhalten bleiben. Bei Hochwasser erfolgt ein Einstrom in die Retentionsfläche ab einem Pegelstand von 10,65 m, also 5 cm unter dem 50-jährlichen Hochwasser. Weiterhin wird ein Teil der Flächen innerhalb des Rückhalteraumes regelmäßig geflutet, um naturnahe Auenbereiche zu entwickeln. Diese so genannte „ökologische Flutung“ beginnt bei einem Wasserstand von 6,83 m (HW1: durchschnittlich einmal im Jahr stattfindende Hochwasserereignisse). Ab einem Pegelstand von 7,63 m (HW2: durchschnittlich alle zwei Jahre stattfindende Hochwasserereignisse) wird der Wassereinstrom unterbrochen.

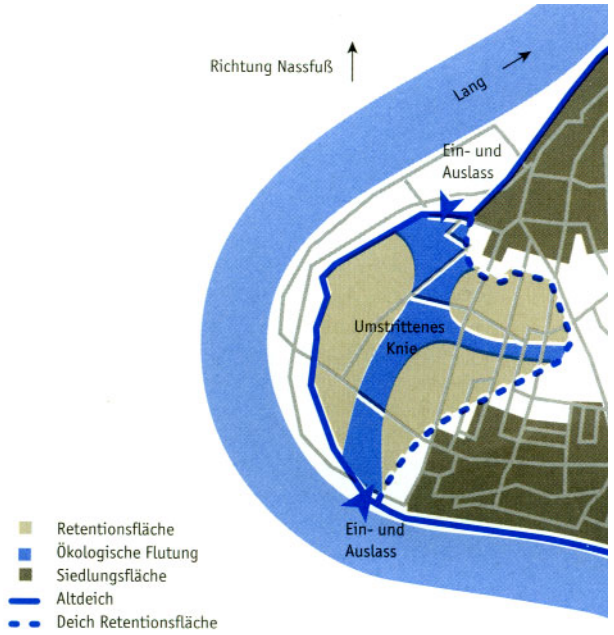
Durch die „ökologische Flutung“ gehen der Landwirtschaft 29 ha verloren; 30 ha Acker müssten in Grünland umgewandelt werden. Zeitlich beanspruchen die gesamten Umbauarbeiten im „**Umstrittenen Knie**“ zwei Sommerperioden und mit bauvorbereitenden Arbeiten etwa drei Jahre. Zurzeit wirtschaften im geplanten Rückhalteraum 21 landwirtschaftliche Betriebe, von denen 15 Haupterwerbsbetriebe sind. In erster Linie wird dort Ackerbau betrieben, d. h. auf den Feldern werden Getreide, Kartoffeln und Zuckerrüben angebaut.

Zusätzlich liegen im Deichbereich von **Graunord** einige Flächen, auf denen Spargel angebaut wird.

Die Stadt **Nassfuß**, Landwirte, Anwohner und Naturschützer aus **Südblau** und **Graunord** haben unterschiedliche Auffassungen zu dem geplanten Retentionsraum. Im Folgenden werden ihre Positionen näher erläutert:

Die Stadt **Nassfuß**, deren Altstadt bei stärkerem Hochwasser regelmäßig überflutet wird, hat in ihrem Hochwasserschutzkonzept vorgesehen, dass die vorhandenen Hochwasserschutzmaßnahmen im Blick auf Hochwasserereignisse mit 100- und 200-jährlicher Wahrscheinlichkeit verbessert werden sollen. Neben baulichen Hochwasserschutzmaßnahmen sieht das Konzept auch vorbeugende Hochwasserschutzmaßnahmen vor, zu denen z. B. die Schaffung von Retentionsräumen gehört. Damit leistet die Stadt **Nassfuß** einen Beitrag zur überregionalen Minderung der Hochwasserspitzen für die flussabwärts am **Lang** lebenden Menschen, und auch ihre Altstadt würde davon profitieren. **Nassfuß** ist bei allen Planungen besonders bemüht, Rücksicht auf die Anwohner und Landwirte zu nehmen.

Die **Landwirte** haben Angst um ihre bestehenden Betriebe. Bei einer Umsetzung des geplanten Retentionsraumes wären sie gezwungen, einen Teil ihrer landwirtschaftlich genutzten Flächen aufzugeben oder in der Nutzung umzustellen. Eine solche Änderung in der Betriebsweise, zum Beispiel die Umwandlung von Ackerland in Grünland, verlangt von den Landwirten ein großes Maß an Flexibilität. Da sie sich aber grundsätzlich übergangen fühlen, lehnen sie die Pläne zum Retentionsraum generell ab. Weiterhin befürchten die Bauern, dass ihre Kunden weniger Produkte bei ihnen kaufen, wenn die Anbauflächen häufig überflutet werden, weil ihnen das Wasser des **Lang** nicht sauber genug erscheint.



Ein besonderes Problem haben die Spargelbauer in dem Gebiet. Denn Spargel muss bis zur ersten Ernte drei Jahre wachsen und kann danach über 10 - 15 Jahre geerntet werden. Damit lohnt sich der Spargelanbau in dem Gebiet nicht mehr, und die seit Jahrzehnten im Spargelbau tätigen Landwirte müssten sich auf eine andere Gemüseart spezialisieren. Ein weiteres Problem ist die noch nicht geklärte Schwemmgutbeseitigung nach einem Hochwasser auf den Flächen. Die Bauern möchten, dass die Stadt diese Aufräumarbeiten übernimmt, diese sieht sich allerdings nicht in der Pflicht. Grundsätzlich möchten die Landwirte ihre bestehenden Betriebe und Betriebsflächen nicht aufgeben und sehen in einer finanziellen Entschädigung keine Lösung des Problems.

Die **Anwohner** haben grundsätzlich Sorge, dass aufgrund des größeren Überschwemmungsraumes der Grundwasserspiegel im Gebiet ansteigt. Damit besteht die Gefahr von Grundwasserschäden an den Häusern. Zum einen könnten durch den höheren Grundwasserspiegel Schäden an der Bausubstanz der Häuser auftreten. Andererseits wären häufigere Überflutungen der Kellerräume eine mögliche Folge. Diese bedeuten für die Betroffenen viel Arbeit und Geld, entweder um die Keller wieder wasserfrei und sauber zu bekommen oder aber um die Überflutungsgefahr durch technische Vorkehrungen zu minimieren. Auch befürchten die Anwohner, dass sich der Wert der Häuser in dem Gebiet vermindert. Weiterhin wehren sie sich gegen die „Verschandelung der Landschaft“ durch die Deicherhöhung und die nähere Heranführung des Deiches an die Bebauung. Und schließlich widerstrebt es den Anwohnern, drei Jahre lang den mit dem Umbau verbundenen Baulärm zu ertragen.

Die **Naturschützer** haben einen ganz anderen Standpunkt. Sie unterstützen grundsätzlich die Wiederherstellung des ehemaligen Überschwemmungsgebietes und berufen sich dabei auf die rechtlichen Pflichten, die im Wasserhaushaltsgesetz (WHG) festgeschrieben sind. Darin heißt es: *„Frühere Überschwemmungsgebiete, die als Rückhalteflächen geeignet sind, sollen so weit wie möglich wiederhergestellt werden, wenn überwiegende Gründe des Wohls der Allgemeinheit nicht entgegenstehen.“* Dabei ist ein natürlicher Rückhalteraum einer technisch geprägten Retentionsfläche immer vorzuziehen. Gerade die ökologische Flutung stufen die Naturschützer als zu technisch orientiert ein. Der Begriff „ökologische Flutung“ suggeriere, dass naturnahe Verhältnisse geschaffen würden, was aber in der Realität nicht der Fall sei. So sei z. B. geplant, für die Flutung der Flächen eine Rohrleitung von über 40 m mit einem Durchmesser von 1,80 m zu verlegen.

Wegen der Länge der Leitungen sei es ausgeschlossen, dass ein Austausch von Wasserlebewesen zwischen Retentionsraum und **Lang** stattfinden könne. Auch Auwälder könnten sich nicht ausbilden, da diese regelmäßige Überstauungen in genügender Flächengröße und Höhe und mehrmals im Jahr über mehrere Tage benötigten. Die gesteuerten ökologischen Flutungen würden dazu eindeutig nicht ausreichen. Weiterhin wird bemängelt, dass **Nassfuß** ganz offensichtlich nur Rücksicht auf die Landwirtschaft nimmt und deshalb einem technischen Ausbau den Vorzug gegenüber einer ungesteuerten natürlichen Flutung gibt. Auch dies stehe eindeutig im Widerspruch zu den gesetzlichen Vorgaben des WHG, das wirtschaftliche Nachteile bei der landwirtschaftlichen Nutzung einkalkuliert, die durch einen finanziellen Ausgleich abgegolten werden sollen. Sie plädieren dafür, das Geld, das für den Bau der Retentionsfläche ausgegeben werden soll, besser für den finanziellen Ausgleich der Landwirte einzusetzen und das ganze Gebiet einer natürlichen Flutung zu überlassen.