

Artland-Gymnasium
Am Deich 20
49610 Quakenbrück
Tel. 05431/18090
www.artland-gymnasium.de

Material für Schulen des BLK-Programms „21“

Gewässerökologie

Rolf Wellinghorst

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	2
2	Das Freilandlaboratorium einer Schule	4
3	Gewässerökologie	13
3.1	Vegetation	14
3.1.1	Öko-Portrait einer Pflanzenart	14
3.1.2	Realkartierung der Gehölze am Gewässer	17
3.1.3	Vegetationsaufnahmen und Zeigerwerte	18
3.2	Physikalische Gewässeruntersuchung	20
3.2.1	Beschreibung der Probestelle und physikalische Untersuchung	21
3.2.2	Tagesgangmessungen	23
3.3	Chemische Gewässeruntersuchung	25
3.3.1	Grundsätze der Umweltanalytik in der Schule	29
3.3.2	Chemische Gewässeruntersuchung	32
3.3.3	Chemische Gewässergütebestimmung nach Bach	33
3.4	Biologische Gewässeruntersuchung	35
3.4.1	Makroskopische Wirbellose und Gewässergütebestimmung	36
3.4.2	Erfassung freischwimmender Planktonorganismen	41
3.4.3	Erfassung festsitzender Einzeller	43
4	Literatur	44

1 Einleitung

„Man sieht nur, was man zu sehen gelernt hat“ und „Man schützt nur, was man kennt und gern hat“! Die vorstehenden Erfahrungen machen deutlich, dass Umwelterziehung ganz wesentlich auf Erfahrungen im **Freiland** angewiesen ist. Schulen und Umweltbildungseinrichtungen müssen daher gut erreichbare Lernorte in ihrem Umfeld erschließen und didaktisch-methodische Materialien bereithalten, um ihren Schülern entsprechende Erfahrungen zu ermöglichen. Neben den spielerischen oder fachlichen Freilanderfahrungen sollte darüber hinaus der enge Erfahrungsaustausch mit Bildungseinrichtungen, Vereinen, Behörden, Firmen und Privatpersonen im Schulumfeld eine wichtige Rolle spielen. Erkenntnisse der Freilandarbeit dürfen nicht in der Schublade verschwinden, sondern müssen auf Schule und Schulumfeld wirken. Umgekehrt sollte das bei den Kooperationspartnern vorhandene Potenzial für die Schule genutzt werden. Diese **Öffnung von Schule nach außen** ist insbesondere in den letzten Jahren ein wichtiges Ziel der Bildungspolitik.

In der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung verabschiedeten im Juni 1992 in Rio de Janeiro 170 Mitgliedstaaten die Biodiversitätskonvention, ein Übereinkommen über den Erhalt der biologische Vielfalt. Seit dieser Konferenz wird die Vielfalt des Lebens auf der Erde häufig mit dem modernen Begriff Biodiversität umschrieben. Die Konferenz von Rio hat mit der **Agenda 21** auch an Schulen die Anforderung gestellt, Umwelt, Wirtschaft und Soziales zusammen zu betrachten. Im Sinne dieser Erfordernisse ist die ökologische Freilandarbeit einer Schule ebenfalls ein wichtiges Element.

Mit den hier vorgelegten **Materialien für BLK 21 Schulen** werden Anregungen gegeben für die Freilandarbeit im Umfeld von Schulen und Umweltbildungseinrichtungen. In der Zusammenstellung wurden in langjähriger Praxis in den Sekundarstufen I und II am Artland-Gymnasium Quakenbrück erprobte Materialien berücksichtigt, die im Umfeld jeder Schule anwendbar sind. Es hat sich dabei bewährt, die für die Freilandarbeit erforderlichen Materialien in nach Themen geordneten **Umweltkisten** zusammenzustellen.



Umweltkiste mit Materialien zum Themenkomplex „Binnengewässer“ (Sek II)

Inhalt einer Umweltkiste „Binnengewässer“ (Schwerpunkt Sek. II)

Basisordner zur Umweltkiste „Binnengewässer“

Planktonnetz, Drahtsiebkäscher mit Stock, ggf. Teleskopstange für Planktonnetz mit Adapter, Leitfähigkeitsstick, pH-Stick, Thermometer, Becherlupe, Zeckenzange, Küchensiebe (4 Expl.), Pinsel (4 Expl.), Plastikschaalen, Zollstock

AICHELE, D., GOLTE-BECHTLE, M. (1997): Was blüht denn da? - Franckh'sche Verlags- handlung Stuttgart (2 Expl.)

BARNDT, G., BOHN, B., KÖHLER, E. (1988): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern. - Vereinigung deutscher Gewässerschutz Bonn

BROCK, V., KIEL, E., PIPER, W. (1995): Gewässerfauna des norddeutschen Tieflands. – Blackwell

ENGELHARDT, W. (1990): Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? - Franckh'sche Verlag- handlung Stuttgart

FEY, J.M. (1996): Biologie am Bach. - Quelle und Meyer Heidelberg

GLÖER, P., MEIER-BROOK, C. (1998): Süßwassermollusken. – Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung Hamburg

KLEE, O. (1998): Wasser untersuchen. – Quelle und Meyer Wiesbaden

LEHMANN, A., NÜSS, J.H. (1998): Libellen. - Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung Hamburg

MÜLLER, H.J. (1985): Bestimmung wirbelloser Tiere im Gelände. - Gustav Fischer Jena

SCHMIDT, E. (1996): Ökosystem See – Der Uferbereich des Sees. - Quelle und Meyer Hei- delberg

SCHAEFER, M. (1994): Brohmer - Fauna von Deutschland. – Quelle und Meyer Heidelberg

SCHMEIL-FITSCHEN (1996): Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. - Quelle & Meyer Heidelberg

SCHWAB, H. (1995): Süßwassertiere – Ein ökologisches Bestimmungsbuch – Ernst Klett Schulbuchverlag

STREBLE, H., KRAUTER, D. (1988): Das Leben im Wassertropfen. - Franckh'sche Verlags- handlung Stuttgart

WELLINGHORST, R. (2002): Wirbellose Tiere des Süßwassers. - Friedrich Verlag, Im Bran- de 15, 30917 Seelze (2 Expl.)

diverse Bildtafeln

Biologie heute 2G

Moore, Auen und Gewässer (2 Expl.)

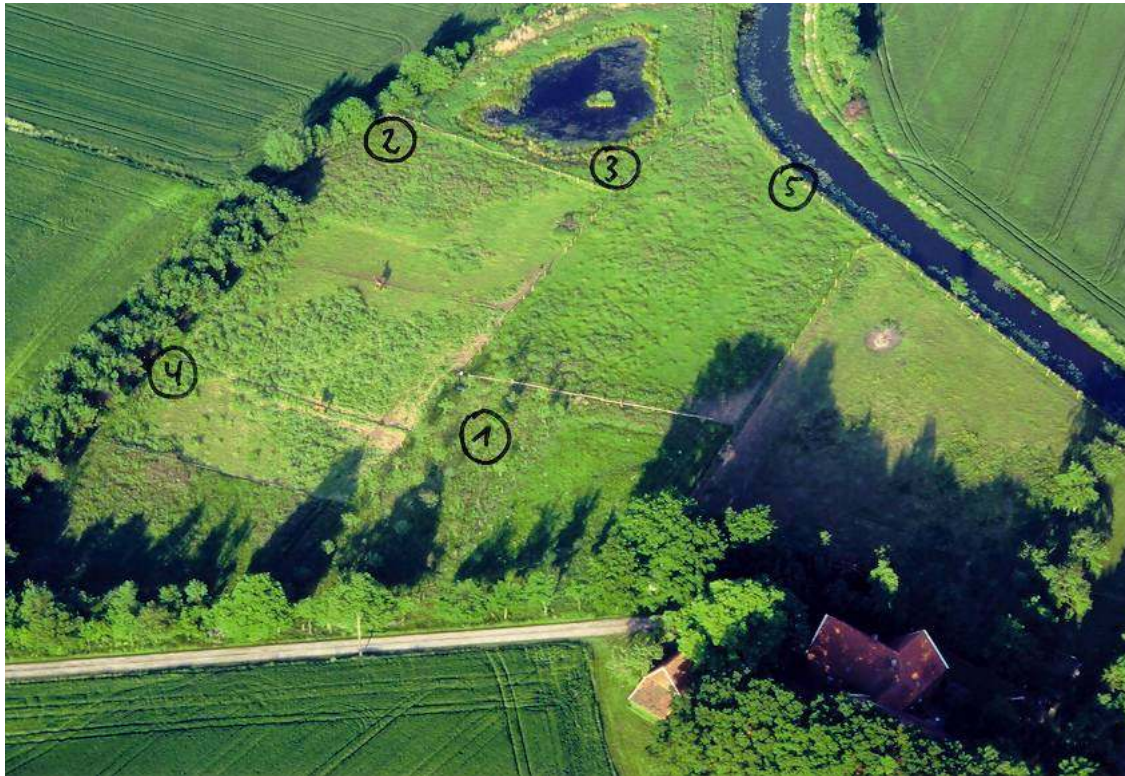
Zusatzmaterial bei Bedarf:

Umweltmesskoffer UW 2000 und WinLab-System (Firma Windaus)

5 Rucksäcke Sie enthalten jeweils Lupe, Plastikschaale, Klemmbrett, Lupenglas, Stecknadeln, Maßband, Stethoskop, GARMS, H. (1993): Pflanzen und Tiere Europas. – Deutscher Ta- schenbuchverlag

3 Leinentaschen Sie enthalten jeweils zwei Lupen, Küchensieb, Pinsel, Teller, BARNDT, G., BOHN, B., KÖHLER, E. (1988): Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließge- wässern. - Vereinigung deutscher Gewässerschutz Bonn, WELLINGHORST, R. (2002): Wir- bellose Tiere des Süßwassers. - Friedrich Verlag, Im Brande 15, 30917 Seelze

2 Das Freilandlaborium einer Schule



Freilandlabor des Artland-Gymnasiums - Größe 2 Hektar. 1 Obstbaumwiese mit alten Sorten, 2 Kopfweide mit Steinkauzröhre, 3 Teich, 4 Feldhecke, 5 Fließgewässer

Häufig ist das Schulgelände für eine naturnahe Gestaltung geeignet und lässt sich zum **Freilandlabor** der Schule entwickeln. Da Naturschutzprojekte Langzeitprojekte sind, ist zunächst eine Abstimmung mit der Schulleitung und dem Schulträger erforderlich. Alternativ sucht man in Zusammenarbeit mit Kommune, Kirchengemeinde oder ortsansässigen Unternehmen und Privatpersonen nach einer geeigneten Fläche im Schulumfeld. Es ist wünschenswert, dass neben terrestrischen Ökosystemen auch aquatische Lebensräume vorhanden sind oder angelegt werden können. Die in den folgenden Unterrichtsmaterialien vorgestellten Maßnahmen und Untersuchungen wurden überwiegend im Schulgelände und Schulumfeld sowie im 2 Hektar großen Freilandlabor Wasserhausen des Artland-Gymnasiums Quakenbrück durchgeführt.

Will man alle Aspekte der **Biodiversität** in einem Freilandlabor berücksichtigen, so sind drei Betrachtungsebenen erforderlich: Die **Genetische Vielfalt** beinhaltet die erbliche Variation innerhalb von Populationen und zwischen Teilpopulationen einer Art. Wie für den Menschen, so gilt auch für andere Arten, dass die spezifische Anordnung der Bausteine der DNS sich von Individuum zu Individuum geringfügig unterscheidet, so dass sich auch die Individuen in einzelnen Merkmalen unterscheiden. In unserem Freilandlabor wird dieser Aspekt durch Anlage einer Obstbaumwiese mit alten Sorten aus der Region abgedeckt, wobei von der Art „Kulturapfel“ (*Malus domestica*) über 20 verschiedene Sorten berücksichtigt wurden. Im Schulgelände entstand eine weitere Obstbaumwiese. Unter **Artenvielfalt** versteht man die Anzahl verschiedener Arten in bestimmten Raumausschnitten unter Berücksichtigung der relativen Häufigkeit der Arten. **Artenschutzmaßnahmen** wie beispielsweise das Anbringen von Nisthilfen für ausgewählte Arten lassen sich in jedem Freilandlabor durchführen. Die **Lebensraumvielfalt** kennzeichnet die Vielfalt an Biotoptypen, ökologischen Nischen und Standortfaktoren in

Landschaften oder Landschaftsausschnitten. **Biotopschutzmaßnahmen** sind daher sowohl die Pflege vorhandener als auch die Anlage neuer Biotope. Im Freilandlabor Wasserhausen wurden eine Feldhecke und ein Feuchtbiotop neu angelegt und gepflegt. Vorhandene Grünlandflächen werden extensiv genutzt. Die Feldhecke sowie das am Freilandlabor angrenzende Fließgewässer „Kleine Hase“ sind außerdem Elemente der **Biotopvernetzung** und werden auch in diesem Sinne als Lernort genutzt. Eine weitere Feldhecke und zwei Teiche stehen den Schülern des Artland-Gymnasiums im Schulgelände für Untersuchungen zur Verfügung.

Im „**Historischen Freilandlabor**“, das in der historisch bedeutsamen Kulturlandschaft Artland im Osnabrücker Nordland liegt, wurden die landschaftsgeschichtlichen Besonderheiten des Geländes in ganz besonderer Weise berücksichtigt. So wurde die Obstbaumwiese in einem Bereich angelegt, in dem schon in der Karte von Du Plat 1790 der Hausgarten eingezeichnet ist. Die Feldhecke entstand im Bereich einer um 1900 noch vorhandenen Wallhecke und das Feuchtbiotop im Bereich eines ehemaligen Hasearms. Es fand somit die Rekonstruktion markanter Elemente der früheren Kulturlandschaft statt.

Ausgewählte Projekte aus der Arbeit im Freilandlabor werden hier zunächst vorgestellt. Es folgen die zahlreichen Untersuchungsmethoden, die im Rahmen unserer Arbeit im Schulgelände, im Schulumfeld und im Freilandlabor zum Einsatz kommen.

1 Projekt Obstbaumwiese – alte Sorten erhalten

Planung: Auf den Spuren der Mitglieder des Artländer Pomologenvereins (Pomologie = Obstbaukunde) erkundeten Schüler die Sortenvielfalt in alten Obstbaumwiesen im Artland. Noch vorhandene Gärten der ehemaligen Vereinsmitglieder fanden besondere Berücksichtigung. In einem Erhebungsbogen wurden Datum, Lage und Eigentümer der Wiese, Name und Alter der Obstsorten sowie Angaben zu Ertrag, Verwendung und Besonderheiten der Pflanzen festgehalten. Dann wählten wir geeignete Sorten für die neue Obstbaumwiese aus.

Durchführung: Reiser der alten Sorten wurden in den Obstbaumwiesen gesammelt und unter fachkundiger Anleitung in einer Obstbaumschule auf Hochstämme veredelt. Ein Jahr später pflanzten wir die Bäume im Abstand von etwa 8 Metern im Freilandlabor und schützten sie gegen Wildverbiss. In den nächsten Jahren wurde der Erziehungsschnitt durchgeführt und durch biologische Schutzmaßnahmen eine Schädigung durch Frostspanner, Wühlmäuse u.a. verhindert. Wenn die Pflanzen Früchte tragen, beginnt man mit der Lagerhaltung beispielsweise in einem Erdkeller sowie mit der Herstellung von Trockenobst, Obstsaft und Obstwein.



Erfassung alter Obstbäume in Lannemanns Hagen in Quakenbrück

ERFASSUNGSBOGEN - OBSTBAUME UND OBSTBAUMWIESEN

Kartierer: *AG Obstbaumwiese* Datum: *13.06.89*

Auskünfte erhalten durch: *Hr. Marbold*

Standort: *an B. 68, bei Marbolds* (vgl. Rückseite)

Beschreibung des Umfeldes (Boden, Unterwuchs):

Kuhweide; Rasen des Hausgartens

Pflege (Schnitt, Pflanzenschutz, Düngung):

Alle paar Jahr Obstbaumschnitt

Bedeutung als Lebensraum (Brutvögel usw.):

ggf. Gefährdung:

Sortenliste:

Nr.	Sortenname	Anzahl	Alter	Ernte	Ertrag	Verwendung
1.	<i>Apfel</i>	<i>20-30</i>	<i>50-70</i>	<i>/</i>	<i>/</i>	<i>/</i>
2.	<i>Krautapfel</i>	<i>/</i>	<i>"</i>	<i>Ok.</i>	<i>viel</i>	<i>Tafelapfel</i>
3.	<i>Graurenette</i>	<i>/</i>	<i>"</i>	<i>Ok. Ende</i>	<i>wenig</i>	<i>"</i>
4.	<i>Jubiläumsapfel</i>	<i>/</i>	<i>"</i>	<i>August</i>	<i>gut</i>	<i>"</i>
5.	<i>Goldparmäne</i>	<i>/</i>	<i>"</i>	<i>spät</i>	<i>wenig</i>	<i>"</i>
6.	<i>Klarapfel</i>	<i>/</i>	<i>"</i>	<i>früh</i>	<i>gut</i>	<i>"</i>

Anmerkungen zu den Sorten (Anfälligkeit gegen Krankheiten, Herkunft der Sorte, Zustand des Baumes/ der Bäume):

ad.1. *Blattlausbefall, Raupen*

ad.2. *lange Lagerfähig*

ad.3.

ad.4.

ad.5.

ad.6.

Plan der Anlage: siehe Rückseite

Ergebnis: Im Rahmen des Biodiversitätsprojektes „Alte Obstbaumwiesen im Artland“ entstand nach detaillierten Vorbereitungsarbeiten in den Jahren 1988 bis 1990 ab 1990 eine Obstbaumwiese mit alten Sorten aus dem Artland. Sie dient dem Erhalt der genetischen Diversität von Apfelsorten aus der Region. Die Pflanzfläche wird bereits in der Karte von Du Plat um 1790 als „der Hausgarten“ bezeichnet. Die folgenden Apfelsorten wurden nach umfangreichen Kartierungsarbeiten in alten Artländer Bauerngärten ausgewählt.

Nummer	Obstsorte	Bezugsquelle	Bemerkungen
1	Weißer Klarapfel	Baumschule Müller	guter Ertrag; Reife Ende Juli
2	Gravensteiner (Falscher Haferapfel)	Baumschule Müller	in manchen Jahren guter Ertrag
3	Roter Boskoop	Baumschule Müller	guter Ertrag
4	Landsberger Renette	Kollenberg Quakenbr.	wenige, kleine Früchte
5	Dülmener Rosenapfel	Baumschule Müller	wenige kleine Früchte
6	Prinzenapfel (Haferapfel)	Wellinghorst Wasserhausen (Reiser)	in manchen Jahren zahlreiche Früchte
7	Grahams Jubiläumsapfel	Baumschule Müller	zahlreiche Früchte
8	Danziger Kantapfel	Baumschule Müller	massenhaft kleine Früchte
9	Jakob Lebel	Baumschule Müller	massenhaft dicke Früchte
10	Krügers Dickstiel	Renzenbrink Quakenbrück (Reiser aus Lan-nemanns Hagen)	nach starkem Frostspannerbefall 1997 eingegangen
11	Gelber Edelapfel (Zitronenapfel)	Kollenberg Quakenbrück	viele Früchte
12	Schöner aus Nordhausen	Baumschule Müller	Baum 1991 vertrocknet
13	Roter Eiserapfel (Paradiesapfel)	Kessens Bunnen (Reiser)	zahlreiche Früchte
14	Gelber Münsterländer (Gelber Borsdorfer)	Kessens Bunnen (Reiser)	Mitte September viele Früchte
15	Krautapfel (Spanisch Kraut)	Baumschule Müller	Lokalsorte aus dem Artland
16	Zuccalmaglios Renette	Baumschule Müller	Baum 1999 eingegangen
17	Graue Herbstrenette	Fritzsche Badbergen (Reiser)	Baum 1991 vertrocknet
18	Schöner aus Boskoop	Bersenbrück (Reiser)	einige Früchte
19	Doppelter Prinzenapfel (Doppelter Haferapfel)	Kollenberg Quakenbrück	einige Früchte
20	Biesterfelder Renette	Kollenberg Quakenbrück	Mitte September zahlreiche Früchte
21	unbekannte Sorte	Lüdeling Groß Mimmelage (Reiser)	kaum Ertrag
22	Osnabrücker Rababben	Meyer Bersenbrück (Reiser)	sehr viele sehr kleine Früchte
23	Jakob Fischer	Kollenberg Quakenbrück	wenige schmackhafte Früchte



Anlage der Obstbaumwiese im Jahre 1990



Obstbaumwiese im Jahre 2000

2 Artenschutz – Beispiel: Weidensteckhölzer und Steinkauzröhre

Planung: Alte Kopfweiden und Steinkauzvorkommen im Schulumfeld wurden kartiert.

Durchführung: Von alten Kopfweiden wurden im Winter armdicke etwa 2 Meter lange Äste abgesägt und in einem nassen Bereich im Freilandlabor 40 bis 50 Zentimeter tief eingegraben. Sie bewurzeln sich, erhielten neue Triebe und werden in den Folgejahren zu Kopfbäumen beschnitten. Zur Förderung eines in der Nähe des Freilandlabors kartierten Steinkauzvorkommens baute man eine Steinkauzröhre und hängte sie in einer der Kopfweiden auf.



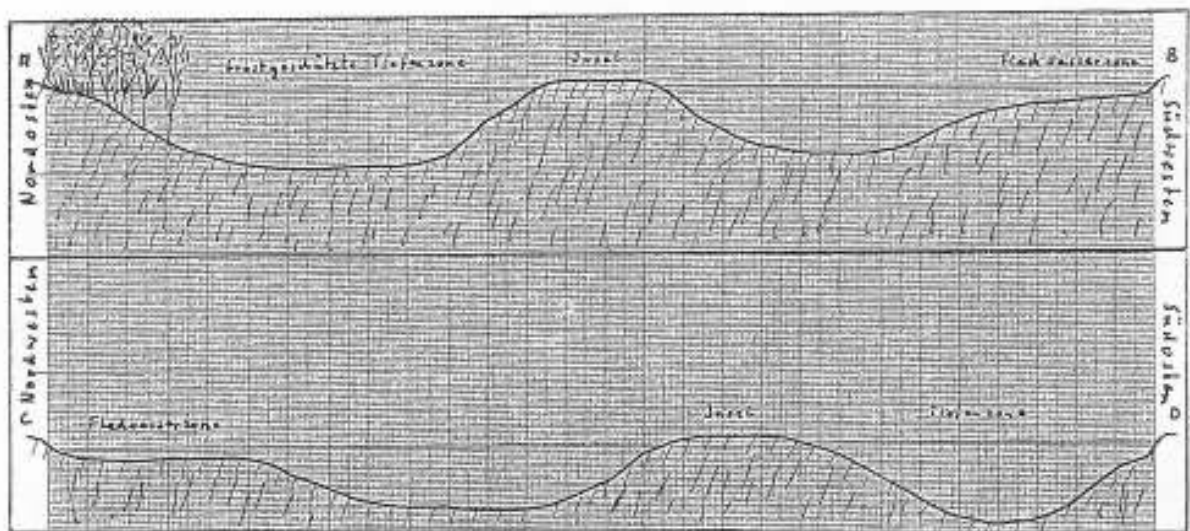
Aus Steckhölzern gezogene Kopfweiden mit Steinkauzröhre; hinten Feldhecke

3 Biotopschutz – Anlage eines Teiches

Planung: Es wurde ein naturnaher Teich von etwa 30 Metern Durchmesser mit Flachwasserzone und Tiefenzone geplant. Beim Landkreis Osnabrück wurde die wasserrechtliche Genehmigung zur Anlage des Teiches in einem Bereich des Freilandlabors mit hohem Grundwasserstand beantragt. Bei einem Tiefbauunternehmen wurde ein Angebot für die Erdarbeiten eingeholt und bei einer Naturschutzstiftung das Geld für die Bauarbeiten beantragt.

Durchführung: Nach Eingang der Baugenehmigung und Zusage der Fördermittel wurde der Teich im Gelände von den Schülern eingemessen und mit Holzpfählen markiert. Mit einer Raupe legte der Tiefbauunternehmer das Gewässer an. An Gewässern im Umfeld gesammelte Pflanzensamen sowie heimische Tier- und Pflanzenarten aus Gartenteichen der Schüler wurden eingebracht. In den Folgejahren wurde die Sukzession regelmäßig verfolgt und aufwachsende Gehölze wurden in Frostperioden im Winter zurückgeschnitten.

Ergebnis: Obwohl im Umfeld des Feuchtbiotops seit etwa 15 Jahren keine Düngung mehr erfolgte, stellten wir im Rahmen unserer Untersuchungen in den letzten Jahren eine starke Eutrophierung fest, deren Ursache 2002 u.a. im Rahmen einer Facharbeit geklärt werden konnte. Niedrige Ammonium- und Nitratwerte sowie eine niedrige elektrische Leitfähigkeit bestätigten zwar immer wieder den Eindruck eines eher nährstoffarmen Gewässers. Bei den hydrochemischen Untersuchungen wurde aber eine zunehmend höhere Phosphatkonzentration von bis zu 0,7 mg/l festgestellt, die sich durch die hohe Frequentierung des Feuchtbiotops durch verschiedene Vogelarten, besonders Haustauben und verwilderte Enten, erklären lässt. Da Phosphat einerseits als Minimumnährstoff im Gewässer gilt und der Kot von Vögeln andererseits eine hohe Phosphatkonzentration aufweist, ist die Bedeutung des Phosphats als das Pflanzenwachstum steuernde Faktor relativ eindeutig. Zeitweise niedrige Sauerstoffgehalte und pH-Werte die meistens über 7 lagen sind weitere Folgen der Eutrophierung.



Querprofile des Feuchtbiotops mit Insel im Zentrum



Luftbild des Feuchtbiotops aus dem Jahre 1997



Hydrochemische Untersuchung des Gewässers im Jahre 2003



Entnahme einer Planktonprobe zur Bestimmung der Rädertiere im Jahre 2003

4 Biotopvernetzung – Anlage einer Feldhecke

Planung: An der Grenze des Freilandlabors, wo sich nach alten Karten eine Wallhecke befand, wurde eine 200 Meter lange, 8 Meter breite, sechsreihige Feldhecke aus standortgerechten heimischen Gehölzen geplant. Bei der Landwirtschaftskammer Weser-Ems wurden das Pflanzmaterial und ein Zuschuss für einen Wildschutzzaun beantragt.

Durchführung: Nach Genehmigung der Hecke und Bereitstellung der Mittel wurde der Wildschutzzaun angelegt und etwa 990 Heckenpflanzen wurden von den Schülern gesetzt. In den Folgejahren wurde die krautige Vegetation im Bereich der Hecke regelmäßig gemäht, die Heckenpflanzen soweit erforderlich beschnitten und die Sukzession dokumentiert. Blüten und Beeren werden zur Herstellung von Tees, Marmeladen und Säften verwendet.

Ergebnis:

Artname	Anzahl	Signatur	Zeigerwerte				
			L	T	F	R	N
Eingrifflicher Weißdorn (<i>Crataegus monogyna</i>)	50	30	7	5	4	8	3
Traubenkirsche (<i>Prunus padus</i>)	80	10b	5	-	8	7	6
Esche (<i>Fraxinus excelsior</i>)	50	11	4	5	-	7	7
Roter Hartriegel (<i>Cornus sanguinea</i>)	50	9	7	5	-	8	-
Pfaffenhütchen (<i>Euonymus europaeus</i>)	50	26	6	5	5	8	5
Vogelkirsche (<i>Prunus avium</i>)	50	10c	4	5	5	7	5
Salweide (<i>Salix caprea</i>)	100	2c	7	-	6	7	7
Korbweide (<i>Salix viminalis</i>)	50	2g	8	6	8	8	-
Ohrweide (<i>Salix aurita</i>)	50	2b	7	-	8	3	3
Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>)	50	6	4	6	-	-	-
Gemeiner Schneeball (<i>Viburnum opulus</i>)	100	24	6	5	-	7	6
Hasel (<i>Corylus avellana</i>)	50	7	6	5	-	-	-
Schlehe (<i>Prunus spinosa</i>)	30	10d	7	5	-	-	-
Schwarzerle (<i>Alnus glutinosa</i>)	100	1	5	5	9	6	-
Faulbaum (<i>Frangula alnus</i>)	65	4	6	-	7	2	-
Stieleiche (<i>Quercus robur</i>)	50/15	12/Sei	7	6	-	-	-

Liste der in der Feldhecke gepflanzten Gehölze

Die Feldhecke hat sich nach gut zehn Jahren zu einem vielfältigen Lebensraum entwickelt. Einzelne Gehölzarten, insbesondere die Weidenarten haben sich auf Grund der für sie gut geeigneten Standortbedingungen hervorragend entwickelt, während andere Arten seltener wurden. Den Boden der Hecke bedeckt eine Krautschicht. Das bei der Heckenpflege anfallende Reisigholz wurde zur Anlage einer Benjeshecke sowie zum Aufschichten eines Reisighaufens genutzt. Der Reisighaufen dient zahlreichen Tierarten als Unterschlupf sowie als Rast- und Brutplatz.

3 Gewässerökologie

"Die katastrophale Verschmutzung der Elbe ist nicht auf die Schadstoffeinleitungen zurückzuführen, sondern auf die toten Fische, die darin schwimmen." Mit Hiobsbotschaften über den bedrohlichen Zustand unserer Binnengewässer werden wir immer wieder konfrontiert und ebenso mit verharmlosenden Äußerungen der für den Zustand unserer Gewässer Verantwortlichen. In der Regel sind die Argumente zumindest auf den ersten Blick nicht so leicht zu bewerten wie bei vorstehendem Kalauer. Damit junge Menschen sich in dem verwirrenden Dschungel von Behauptungen und Gegenbehauptungen einen halbwegs objektiven Eindruck verschaffen können, bleibt oft nur die Erfassung eigener Daten. Dies ist mit Hilfe relativ einfacher Hilfsmittel möglich. Das hier vorgelegte Material soll dabei eine Hilfe sein. Während zur Bestimmung der momentanen Gewässergüte physikalische und chemische Daten zu ermitteln sind, erfolgt die Beurteilung der langfristigen Gewässergüte in der Regel durch Bestimmung von als Zeigerorganismen geeigneten wirbellosen Tieren.

Die hier vorgestellten Untersuchungen zu Vegetation, Hydrophysik, Hydrochemie, Hydrobiologie und Gewässergüte lassen sich im Rahmen eines Unterrichtsprojektes auch in arbeitsteiliger Gruppenarbeit durchführen. Jeder Exkursionsteilnehmer benötigt Gummistiefel, Schreibwerkzeug, geeignete Erfassungsbögen, eine topographische Karte des Untersuchungsgebietes und ggf. einen kleinen Rucksack, ein Fahrrad und Regenkleidung. Das Untersuchungsmaterial stellt jede Gruppe zu Beginn des Projektes zusammen oder es wird in Umweltkisten an sie ausgegeben. Die Gruppe oder ein Gruppenmitglied, z.B. der Protokollführer, ist dann während der Untersuchungen für das Material verantwortlich und gibt es am Ende des Projektes vollständig wieder zurück.



In arbeitsteiliger Gruppenarbeit wird ein Teich untersucht

3.1 Vegetation

3.1.1 Öko-Portrait einer Pflanzenart

Material: Protokollheft, (Stereo-)Lupe, Bestimmungsbücher, Zollstock, ggf. Fotoapparat und phänologischer Erfassungsbogen

Durchführung: Beobachte eine von dir ausgewählte Pflanzenart über mehrere Monate regelmäßig mindestens einmal pro Woche. Schreibe alle Beobachtungen detailliert auf, erstelle Zeichnungen von Knospen, Blättentwicklungsstadien, Blüten, Früchten, Schädlingsbefall u.a.. Erstelle eine Fotodokumentation und ein Herbarium. Trage den Standort der Art genau in eine Karte des Schulgeländes ein. Sammle Informationen über die Art in der Literatur.

Aufgabe: Erstelle ein Öko-Portrait der Pflanzenart. Das Protokollheft bzw. die phänologischen Erfassungsbögen sind dem Öko-Portrait als Anlage beizufügen.

Ergebnis: Die folgenden Seiten zeigen Auszüge aus einem Öko-Portrait des Bergahorns (*Acer pseudoplatanus*).

Der Bergahorn (*Acer pseudoplatanus* L.)

Inhalt des Öko-Portraits

- Kurzbeschreibung des Bergahorns
- Abschrift des Protokollheftes
- Öko-Portrait
- Der Bergahorn im Monat Februar (Photographie)
- Der Bergahorn im Monat März (Photographie)
- Der Bergahorn im Monat April (Photographie)
- Der Bergahorn im Monat Mai (Photographie)
- Der Bergahorn im Monat Juni (Photographie)
- Zweig und Knospe des Bergahorns (Zeichnung)
- Ein Zweig des Bergahorns (Original)
- Das Blatt des Bergahorns (Zeichnung)
- Ein Zweig mit Blättern des Bergahorns (Zeichnung)
- Das Blatt des Bergahorns (Photographie)
- Das Blatt des Bergahorns (Original)
- Verschiedene Zeichnungen zum Bergahorn
- Verbreitung des Bergahorns im Schulgelände
- Quellenangaben

0

Abschrift aus den phänologischen Erfassungsbögen

- 21.02. Finden des Baumes
- 25.02. Baum im winterlichen Zustand; unbelaubt; braungraue, glatte Rinde;
Knospen: • Endknospe: spitz-eiförmig und die Seitenknospen überragend;
• Seitenknospen: ebenfalls spitz-eiförmig, oft leicht abstehend, gelbgrün bis grün
- 04.03. keine Veränderungen; Knospen in Winterruhe
- 11.03. keine Veränderungen; Knospen in Winterruhe
- 18.03. keine Veränderungen; Knospen in Winterruhe
- 25.03. keine Veränderungen; Knospen in Winterruhe
- 05.04. keine Veränderungen; Knospen in Winterruhe
- 15.04. Knospen nun schwellend
- 18.04. keine Veränderungen; Knospen schwellend
- 25.04. keine Veränderungen; Knospen schwellend
- 03.05. Knospen stark geschwollen; wahrscheinlich kurz vor der Entfaltung; rosa gefärbt
- 13.05. Beginnende Blattentfaltung; Blätter in Knospe „engerollt“
- 21.05. Blätter spriessen; grünlich-graubraun
- 27.05. Blätter weiterentwickelt und grösser geworden
- 03.06. Blätter wieder vergrössert; bis [?] der Endgrösse entwickelt
- 10.06. Blätter bis $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ der Endgrösse entwickelt; Blatt in der Grösse sehr veränderlich; rundlich bzw. handförmig; 5-lappig; die Lappen zu einem bis zwei Dritteln der Spreite eingeschnitten; lang zugespitzt und sehr grob und ungleich gezähnt; oben sehr dunkelgrün und mit vertieften Nerven, etwas glänzend, derb; beiderseits der Mittelrippe etwas bräunlich behaart; mittlerer Lappen am Ende kurz zugespitzt, stumpf oder abgerundet
- 13.06. Blattstiel bis 15 cm lang und oberseits rot gefärbt; Blätter wahrscheinlich völlig ausgebildet; Blattspreite bis 10 x 14 cm gross; Lappen unregelmässig grob gesägt und gezähnt; bei den Buchten und am Spreitengrund ganzrandig; Laubblätter am Spross gegenständig angeordnet
Besonderheit: Blätter teilweise „angefressen“ - wahrscheinlich Blattläuse

I. Ein Gehölz im Jahresverlauf

Beobachtungsbogen

Diesen Protokollbogen sollst du im Laufe eines Jahres ausfüllen. Wähle ein Gehölz für deine Beobachtungen, an dem du regelmäßig vorbeikommst. An diesem Gehölz wähle wiederum einen bestimmten Zweig mit mindestens einer Endknospe für deine Beobachtungen aus und markiere ihn mit Klebeband. Halte an jedem Beobachtungstag die Lufttemperatur sowie die Blatt- und Blüten- bzw. Fruchtzahl und das Stadium der Blatt- und Blütenentwicklung (Zahlenschlüssel unten verwenden) für deinen Zweig fest. Sobald die Knospen sich öffnen, miß an jedem Beobachtungstag die Zweiglänge des aus der Knospe am Zweigende wachsenden neuen Triebes. Unter Bemerkungen trage weitere Beobachtungen ein, z.B. Namen und Tätigkeiten von Tieren, die den Zweig / Baum besuchen, Pollenflug, Schädlingsbefall, Fraßspuren, Fruchtentwicklung, Laubverfärbung, Laubfall usw.. Fertige zur Dokumentation auch Skizzen und Fotos an und sammle zusätzliche Informationen zu deinem Gehölz in Büchern. Erstelle am Ende des Jahres ein Öko-Portrait deines Baumes.

Name des Gehölzes: _____ Standort: _____

Höhe: _____ m Stammumfang: _____ m Kronendurchmesser: _____ m

Beschreibung des Gehölzes: _____

Datum	Temperatur (°C)	Blätter: Anzahl/ Stadium	Blüten: Anzahl/ Stadium	Länge des neuen Triebes (mm)	Bemerkungen

Legende:

Blattentwicklung nach *Ellenberg*

- 0 = Knospen in Winterruhe
- 2 = Knospen stark geschwollen
- 4 = beginnende Blattentfaltung
- 7 = Blätter bis 3/4 der Endgröße entwickelt
- 9 = Blätter völlig ausgebildet

Blütenentwicklung nach *Ellenberg*

- 0 = Knospen in Winterruhe
- 2 = Knospen stark geschwollen
- 4 = beginnende Blüte
- 7 = Vollblüte
- 9 = völlig verblüht

Phänologischer Erfassungsbogen

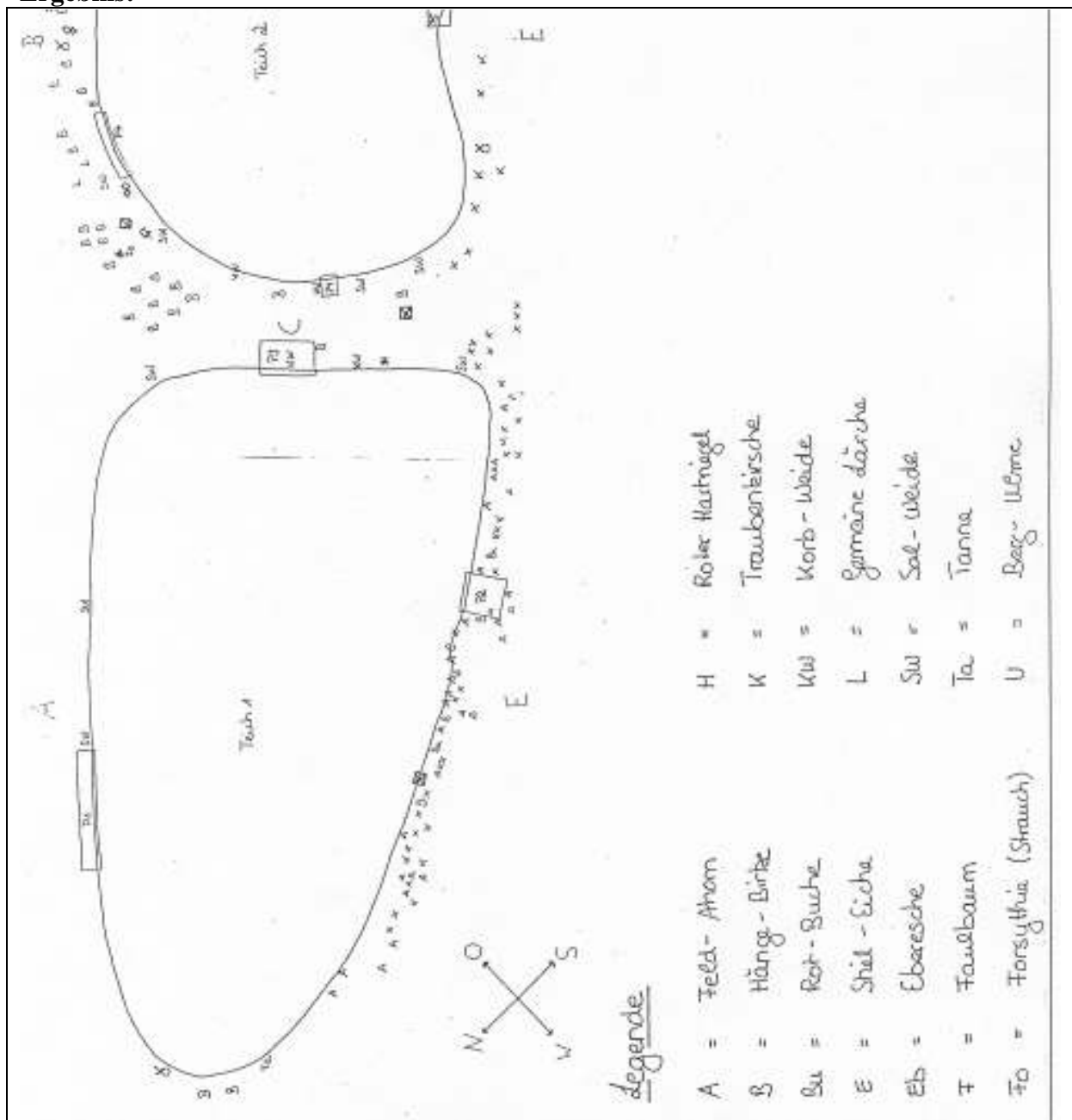
3.1.2 Realkartierung der Gehölze am Gewässer

Material: Bestimmungsbücher: z.B. AICHELE 1997, FITTER et al. 1998, GARMS 1990, GODET 1987, HOFMEISTER 1990, MITCHELL, A. 1979; SCHMEIL-FITSCHEN 1996; Handlupe; ggf. Stereolupe; Millimeterpapier; Schreibunterlage; Bleistift

Durchführung: Bestimme zunächst die Gehölze des Untersuchungsgebietes. Fertige dann eine Grundrisszeichnung des Teichgeländes an. Wähle für einen Abstand von einem Meter am Teich 0,5 Zentimeter in deiner Karte.

Aufgabe: Schreibe in die Legende zur Realkartierung die Namen aller Gehölze, die im Untersuchungsgebiet vorkommen. Kennzeichne dann jede Gehölzart durch zwei Buchstaben. Trage zum Schluss die Standorte der Gehölze in die Grundrisszeichnung ein.

Ergebnis:



Realkartierung der Gehölze am Schulteich des Artland-Gymnasiums (CRAMER 1995)

3.1.3 Vegetationsaufnahmen und Zeigerwerte

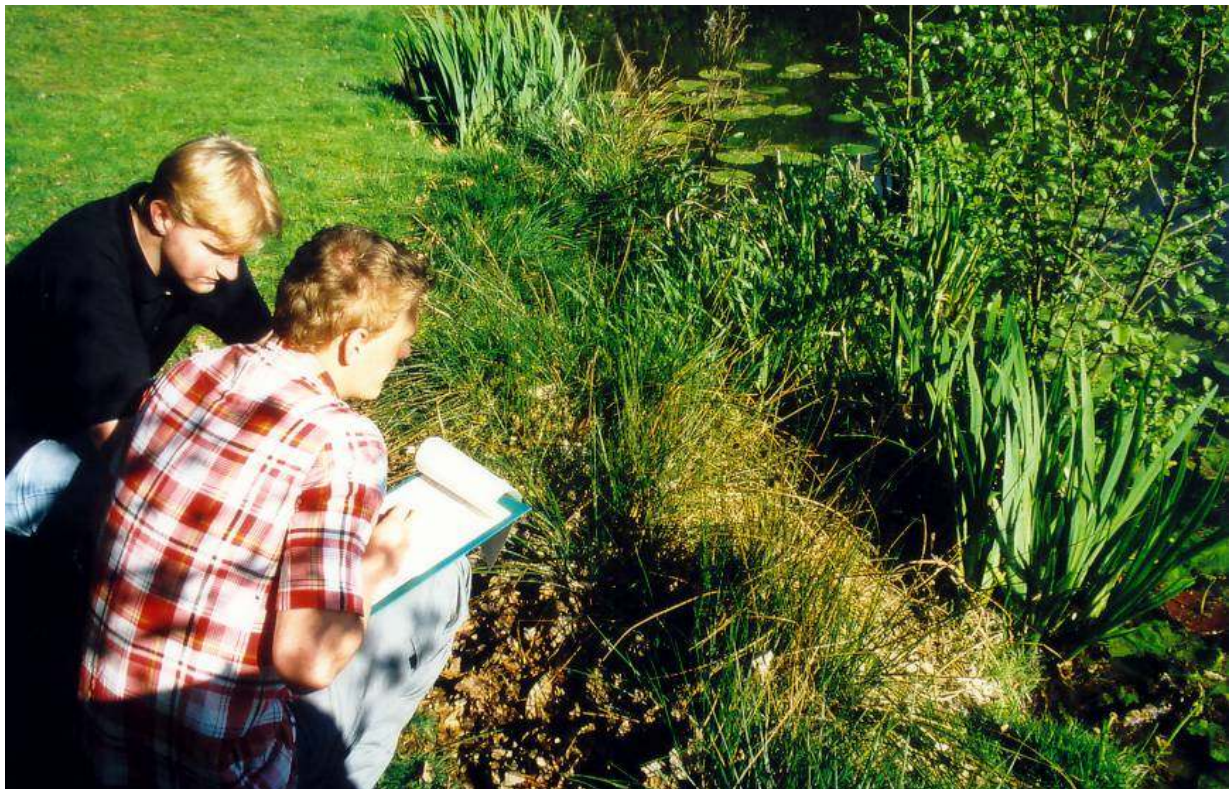
Material: Bestimmungsbücher: z.B. AICHELE 1997, ELLENBERG 1979, FITTER 1987, FITTER et al. 1998, GARMS 1990, HOFMEISTER 1990, SCHMEIL-FITSCHEN 1996, ROTHMALER; Handlupe; ggf. Stereolupe; Erfassungsbögen; Schreibunterlage; Zollstock; Schnur; vier Holzpflocke, Bleistift

Durchführung: Stecke im Untersuchungsgebiet mithilfe der Pflocke und der Schnur eine Probefläche ab. Sie soll möglichst alle Pflanzenarten der zu untersuchenden Pflanzengesellschaft enthalten. Auf einer Grünlandfläche sind das in der Regel ein bis wenige Quadratmeter, im Wald zwischen 10 und 100 Quadratmeter. Bestimme dann die Pflanzen des Untersuchungsgebietes.

Aufgaben: a) Erstelle Vegetationsaufnahmen ausgewählter Probeflächen im Untersuchungsgebiet.

b) Ordne den Pflanzenarten unter Verwendung der Angaben bei ELLENBERG 1979 und FITTER 1987 ihre Zeigerwerte zu und ermittle jeweils die mittleren Zeigerwerte. Ziehe anschließend Rückschlüsse auf die Standortverhältnisse in den verschiedenen Probefläche.

c) Verwende deine Ergebnisse zur Sicherung wertvoller Lebensräume oder zur Verbesserung der Situation in verschmutzten Gewässern. Suche hierzu den Kontakt zu Naturschutzverbänden, den zuständigen Behörden und der Öffentlichkeit.



Vegetationsaufnahme am Teich

VEGETATIONSAUFNAHME		Nr. 1							
1. Pflanzengesellschaft:		8. Nutzung:							
2. Fundort: Förstler Wald, Quellwasser Grünfläche		Schichtung und Gesamtdeckung							
3. Funddatum: 14.05.01				Höhe [m]		Deckung [%]			
4. Höhe ü. N.N.:		B							
5. Hanglage u. Neigung:		Str.							
6. Angaben zum Boden:		Kr.		bis ca. 40cm		95%			
7. Größe der Probefläche: 4,5 x 4,5 m		M.							
Artenliste	Artmächtigkeit [A]	Zeigerwerte [Z] A · Z							
		L	F	R	N	A-L	A-F	A-R	A-N
Wiesen-Schamkraut	+	4	7	X	X				
Kriechender Günsel	2	6	6	X	6	12	12		12
Schwarzer Hahnenfuß	+	7	X	X	X				
Feld-Haarnisbe	+	7	4	3	2				
Sumpfw-Hornklee	1	7	8	4	4	7	8	4	4
Spitzblütige Binse	3	9	8	5	3	27	24	15	9
Rohr-Glanzgras	+	7	8	7	7				
Wiesen-Rispengras	2	6	5	X	6	12	10		12
Sumpfw-Kratzdistel	+	7	8	4	3				
Spitz-Wiegerich	1	6	X	X	X	6			
Großer Säuerampfer	+	8	X	X	5				
Gewöhnliches Rindgras	1	X	X	5	X			5	
a) Summe der Produkte A·Z						64	54	24	37
b) Summe der Artmächtigkeiten						9,5	8	5	8
mittlere Zeigerwerte (a:b)						7,1	6,8	4,8	4,6

Vegetationsaufnahme mit Zeigerwertauswertung

3.2 Physikalische Gewässeruntersuchung

Physikalische und chemische Parameter im Gewässer sind permanenten Schwankungen unterworfen. Bei den im Rahmen einer Untersuchung ermittelten Werten handelt es sich also immer um Augenblickswerte, die kurze Zeit später eventuell schon wieder verändert sein können. Dies bedeutet jedoch nicht, dass diese nur kurzfristig auftretenden Werte ohne Bedeutung für die Lebensgemeinschaft wären. Gerade Extremwerte können, selbst wenn sie über einen sehr langen Zeitraum betrachtet nur einmal und außerdem nur für Stunden oder gar Minuten auftreten, nachhaltige Folgen für sensible Arten bis zu deren völligem Verschwinden haben.

Charakteristische Veränderungen physikalischer und chemischer Werte ergeben sich einerseits im Tagesgang. Diese betreffen insbesondere Lichtintensität, Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt und pH-Wert. Weiterhin haben Einleitungen aus Kläranlagen, Industrie, Landwirtschaft usw. typische Veränderungen im Gewässer zur Folge.

Der Umweltfaktor Temperatur gehört zu den für eine Lebensgemeinschaft prägendsten Faktoren. Dies wird in Landökosystemen sofort deutlich, wenn man sich die Veränderungen der Vegetation vom Äquator zum Pol oder vom Fuße eine Gebirgsmassivs bis zu dessen höchster Spitze ansieht. Temperaturen über 40 °C werden für die meisten Lebewesen schnell lebensbedrohlich, wie wir ja nicht zuletzt von uns selbst wissen. Außerdem ist die Bestimmung der Wassertemperatur wegen ihres Einflusses auf die Löslichkeit von Gasen, z.B. von Sauerstoff, von Bedeutung. Die Bedeutung der Strömungsgeschwindigkeit wird zunächst bei Betrachtung des Gewässersedimentes deutlich. Während bei hoher Geschwindigkeit nur größere Steine und Kiese zurückbleiben, sedimentieren Sande und Schlick erst bei mittleren bis niedrigen Fließgeschwindigkeiten. Außerdem hat die Fließgeschwindigkeit einen wesentlichen Einfluss auf den Gasaustausch zwischen Wasser und Luft. Die Lichtintensität beeinflusst maßgeblich die Fotosynthese. Auf die den Wasserpflanzen zur Verfügung stehende Lichtmenge kann man über die Bestimmung der Sichttiefe Rückschlüsse ziehen.

Während die Stromleitung in metallischen Leitern durch Elektronen erfolgt, werden elektrische Ladungen in Lösungen durch Ionen transportiert. Die elektrische Leitfähigkeit einer Lösung, dies gilt besonders bei stark verdünnten Lösungen, ist somit ein Maß für die Gesamtmenge der in ihr enthaltenen Salze.



Beobachtung der Wasserströmung im Umfeld eines Steines durch Einbringen von Farblösung; der Guckkasten erlaubt eine durch Lichtreflexionen ungestörte Beobachtung

3.2.1 Beschreibung der Probestelle und physikalische Untersuchungen

Material: Schöpfstock oder Schöpfflasche, Marmeladengläser, Zollstock, kleines Holzstück, Thermometer, Uhr mit Sekundenzeiger, Guckkasten, Spritze mit Farbstofflösung, Prantelsches Staurohr, Millimeterpapier, Erfassungsbogen, Schreibunterlage, Bleistift, Fotoapparat, Luxmeter, Hygrometer, Anemometer (Windmesser) und Leitfähigkeitsmessgerät.

Durchführung: Entnimm eine Wasserprobe und fülle den Kopf des Erfassungsbogens aus. Führe dann folgende Untersuchungen durch:

- Miss die Wassertemperatur direkt im Gewässer.
- Miss die Lufttemperatur am Gewässer.
- Miss bei Fließgewässern die Fließgeschwindigkeit. Lege hierzu den Zollstock an das Ufer und miss die Zeit, die ein Holzstück benötigt, um im Wasser schwimmend zwei Meter zurückzulegen. Berechne daraus die Fließgeschwindigkeit in cm/s.
- Bestimme kleinräumige Strömungsunterschiede, beispielsweise im Umfeld eines Steins. Benutze eine Spritze mit Farbstofflösung und ein Staurohr.
- Beurteile die Trübung der Wasserprobe durch Verwendung folgender Abstufungen: klar, schwach getrübt, mäßig getrübt, stark getrübt.
- Beurteile Farbintensität und Farbton der Wasserprobe. Verwende beispielsweise folgende Begriffe: Intensität: farblos, schwach gefärbt, stark gefärbt; Farbton: bräunlich gelb (Siloabwasser, Humusstoffe), rötlich gelb (Eisenoxid), grünlichblau oder gelblichgrün (Algen), grau-gelb-schwarz (Schmutzwasser).
- Beurteile die Schaumbildung. Schüttele hierzu die Wasserprobe im Glas mit Deckel kräftig durch und benutze einen der folgenden Begriffe: nein, schwach, stark
- Beurteile den Geruch der Wasserprobe. Schüttele hierzu das Wasser im Marmeladenglas kräftig durch, öffne dann den Deckel und prüfe sofort mit der Nase. Halte Art und Intensität des Geruches beispielsweise durch folgende Begriffe fest: Art: frisch, aromatisch (Mikroorganismen), süßlich (Abwasserpilz), erdig, torfig, modrig, muffig, faulig, jauchig, chemisch Intensität: geruchlos, schwach, stark.
- Mache Angaben zum Gewässersediment (Fels, Stein, Kies, Sand, Schlick), zur Uferbefestigung (z.B. Baumwurzeln, Gras, Steine, Faschinen) und zum Ausbauzustand (Begrädigung?). Miss die Dicke des Schlickbelages am Gewässerboden. Schreibe die Farbe unter Steinen auf; ocker = Hinweis auf oxidiertes Eisen und somit oxidierende Bedingungen; mehr oder weniger schwarz-blaue Flecken = mehr oder weniger Eisensulfid = Hinweis auf reduzierende Bedingungen = zeitweise wenig Sauerstoff im Gewässer
- Miss die Leitfähigkeit mit Hilfe des Leitfähigkeitsmessgerätes.

Die vorstehenden Bestimmungen können zeitgleich mehrfach durchgeführt werden, so beispielsweise im Längsgradienten eines Fließgewässers oder im Tiefenprofil eines Sees.

Untersuche zusätzlich auf einem Transsekt von etwa 10 bis 20 Meter quer zum Gewässer folgende Parameter: Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Luftfeuchtigkeit und Lichtintensität. Miss die Parameter im Bereich des gewählten Transsekts jeweils im Abstand von einem Meter beziehungsweise zwei Metern am Boden und halte die Werte in einer Tabelle fest. Trage später in einem Koordinatensystem die gedachte Linie auf der x-Achse sowie die Messwerte auf der y-Achse auf. Kennzeichne auf der x-Achse den Bereich des Gewässers durch eine blaue, den Gewässerrandbereich durch eine grüne Linie.

Aufgaben: a) Halte alle Messwerte und Beobachtungen schriftlich fest, erstelle Grafiken und interpretiere die Daten.

b) Zeichne das Gewässerprofil im Maßstab 1:50 oder bei kleinen Bächen im Maßstab 1:10 auf Millimeterpapier. Fertige außerdem Fotos von der Probestelle an.

c) Verwende deine Ergebnisse zur Sicherung wertvoller Lebensräume oder zur Verbesserung der Situation in verschmutzten Gewässern. Suche hierzu den Kontakt zur Öffentlichkeit.

Ergebnisprotokoll zur physikalisch-chemischen Gewässeranalyse

Probenummer	1	2	3	4	5	6
Datum						
Uhrzeit						
Probennehmer						
Luftdruck (Torr)						
Wetterlage						
Lufttemperatur (°C)						
Wassertemperatur (°C)						
Gewässerbesonderheiten						
Geruch Intensität Art						
Färbung Intensität Farbton						
Trübung (visuell)						
Sauerstoffgehalt Oxim mg/l Winkel						
Sauerstoffdefizit mg/l						
BSB ₅ mg/l						
PH-Wert						
Gesamthärte in °dH						
Ammonium (NH ₄ ⁺) mg/l						
Nitrat (NO ₃ ⁻) mg/l						
Nitrit (NO ₂ ⁻) mg/l						
Phosphat (PO ₄ ³⁻) mg/l						
Leitfähigkeit µS						
Strömungsgeschwindigkeit m/s						
Müll (Art)						
Schaumbildung						
Chemischer Index						

Geruch: Intensität Färbung: Intensität Trübung: Klar
 Geruchlos Farblos Schwach
 Schwacher Geruch Schwach gefärbt Mäßig
 Starker Geruch Stark gefärbt Stark

Art Farbton Schaumbildung:
 Erdig Gelblich Kaum
 Modrig Bräunlich Mäßig
 Faulig Grünlich Stark
 Nach Jauche
 Chemisch

Bemerkungen:

3.2.2 Tagesgangmessungen

Material: Messgeräte zur Erfassung abiotischer Faktoren wie Temperatur, pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Lichtstärke, elektrische Leitfähigkeit, zugehörige Datenlogger. Beispiel: WinLab Data Line Messgeräte für Temperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt mit Zubehör. Diese Geräte besitzen eingebaute Datenlogger. Ggf. Stativ, Stativklammern, Doppelmuffen, Gerätehalter (Eigenbau) und Personalcomputer mit Zubehör

Durchführung: Die Messfühler der für die Untersuchung ausgewählten Parameter werden - ggf. mit Hilfe des Stativmaterials - positioniert. Sollen Messreihen an verschiedenen Gewässern oder an demselben Gewässer zu verschiedenen Zeiten miteinander verglichen werden, ist eine immer genau gleiche Position der Messfühler erforderlich, da sich die Werte bereits kleinräumig stark verändern. So ist der Sauerstoffgehalt im Uferbereich eines nährstoffreichen Sees 5 cm unterhalb der Wasseroberfläche oft deutlich höher als direkt auf dem Schlammboden. Nun werden die Datenlogger programmiert. Man erfasst die zu untersuchenden Parameter z.B. über 24 Stunden im Abstand von jeweils 30 Minuten. Um die Messgeräte vor Schäden zu schützen, sollten sie in einem vor Regen schützenden Messgerätehalter untergebracht werden. Nach Ende der Messung werden die Werte nacheinander am Messgerät abgelesen und in eine Tabelle übertragen, oder sie werden Online unter Verwendung des Programms „Windows 3.11 - Hyperterminal“ auf einen Personalcomputer überspielt.

Aufgaben: a) Erstellen eine Tabelle und halte die Messwerte fest. Stelle die Messwerte dann grafisch dar.

b) Ermittle unter Verwendung von M1 die Sauerstoffsättigungswerte für die von dir bestimmten Wassertemperaturen. Berechnen die zugehörigen Sauerstoffdefizite und stelle beide Wertereihen grafisch dar.

c) Beschreibe und interpretiere die von dir dargestellten Messkurven.



Tagesgangmessungen mit dem WinLab-System am Schulteich

M1 Sauerstoffsättigungskonzentrationen (in mg/l) von Wasser im Gleichgewicht mit Luft bei einem Gesamtdruck der wasserdampfgesättigten Atmosphäre von 1013 hPa in Abhängigkeit von der Wassertemperatur

T in °C	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9
0.	14,64	14,60	14,55	14,51	14,47	14,43	14,39	14,35	14,31	14,27
1.	14,23	14,19	14,15	14,10	14,06	14,03	13,99	13,95	13,91	13,87
2.	13,83	13,79	13,75	13,71	13,68	13,64	13,60	13,56	13,52	13,49
3.	13,45	13,41	13,38	13,34	13,30	13,27	13,23	13,20	13,16	13,12
4.	13,09	13,05	13,02	12,98	12,95	12,92	12,88	12,85	12,81	12,78
5.	12,75	12,71	12,68	12,65	12,61	12,58	12,55	12,52	12,48	12,45
6.	12,42	12,39	12,36	12,32	12,29	12,26	12,23	12,20	12,17	12,14
7.	12,11	12,08	12,05	12,02	11,99	11,96	11,93	11,90	11,87	11,84
8.	11,81	11,78	11,75	11,72	11,69	11,67	11,64	11,61	11,58	11,55
9.	11,53	11,50	11,47	11,44	11,42	11,39	11,36	11,33	11,31	11,28
10.	11,25	11,23	11,20	11,18	11,15	11,12	11,10	11,07	11,05	11,02
11.	10,99	10,97	10,94	10,92	10,89	10,87	10,84	10,82	10,79	10,77
12.	10,75	10,72	10,70	10,67	10,65	10,63	10,60	10,58	10,55	10,53
13.	10,51	10,48	10,46	10,44	10,41	10,39	10,37	10,35	10,32	10,30
14.	10,28	10,26	10,23	10,21	10,19	10,17	10,15	10,12	10,10	10,08
15.	10,06	10,04	10,02	9,99	9,97	9,95	9,93	9,91	9,89	9,87
16.	9,85	9,83	9,81	9,70	9,76	9,74	9,72	9,70	9,68	9,66
17.	9,64	9,62	9,60	9,58	9,56	9,54	9,53	9,51	9,49	9,47
18.	9,45	9,43	9,41	9,39	9,37	9,35	9,33	9,31	9,30	9,28
19.	9,26	9,24	9,22	9,20	9,19	9,17	9,15	9,13	9,11	9,09
20.	9,08	9,06	9,04	9,02	9,01	8,99	8,97	8,95	8,94	8,92
21.	8,90	8,88	8,87	8,85	8,83	8,82	8,80	8,78	8,76	8,75
22.	8,73	8,71	8,70	8,68	8,66	8,65	8,63	8,62	8,60	8,58
23.	8,57	8,55	8,53	8,52	8,50	8,49	8,47	8,46	8,44	8,42
24.	8,41	8,39	8,38	8,36	8,35	8,33	8,32	8,30	8,28	8,27
25.	8,25	8,24	8,22	8,21	8,19	8,18	8,16	8,15	8,14	8,12
26.	8,11	8,09	8,08	8,06	8,05	8,03	8,02	8,00	7,99	7,98
27.	7,96	7,95	7,93	7,92	7,90	7,89	7,88	7,86	7,85	7,83
28.	7,82	7,81	7,79	7,78	7,77	7,75	7,74	7,73	7,71	7,70
29.	7,69	7,67	7,66	7,65	7,63	7,62	7,61	7,59	7,58	7,57
30.	7,55	7,54	7,53	7,51	7,50	7,49	7,48	7,46	7,45	7,44
31.	7,42	7,41	7,40	7,39	7,37	7,36	7,35	7,34	7,32	7,31
32.	7,30	7,29	7,28	7,26	7,25	7,24	7,23	7,21	7,20	7,19
33.	7,18	7,17	7,15	7,14	7,13	7,12	7,11	7,09	7,08	7,07
34.	7,06	7,05	7,04	7,02	7,01	7,00	6,99	6,98	6,97	6,96
35.	6,94	6,93	6,92	6,91	6,90	6,89	6,88	6,87	6,85	6,84
36.	6,83	6,82	6,81	6,80	6,79	6,78	6,77	6,75	6,74	6,73
37.	6,72	6,71	6,70	6,69	6,68	6,67	6,66	6,65	6,64	6,63
38.	6,61	6,60	6,59	6,58	6,57	6,56	6,55	6,54	6,53	6,52
39.	6,51	6,50	6,49	6,48	6,47	6,46	6,45	6,44	6,43	6,42
40.	6,41	6,40	6,39	6,38	6,37	6,36	6,35	6,34	6,33	6,32

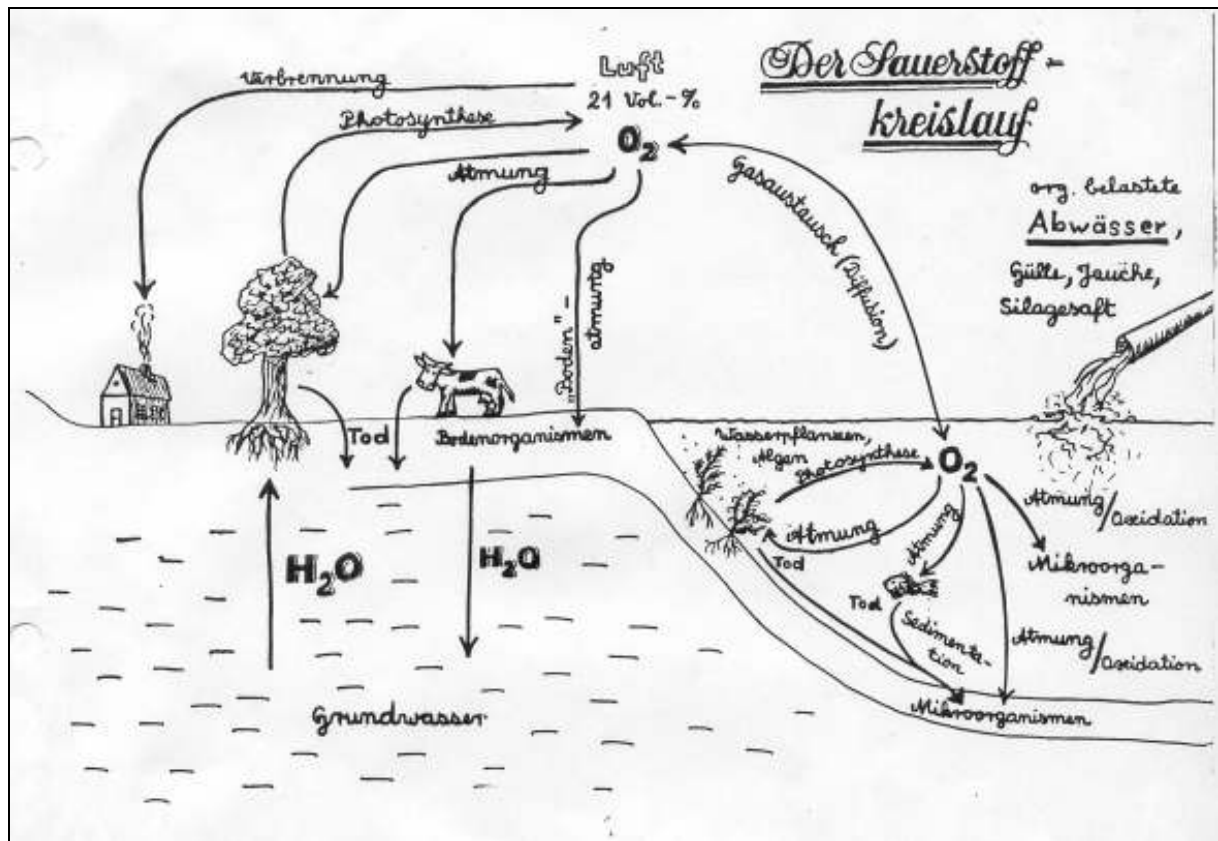
3.3 Chemische Gewässeruntersuchung

Das Wasser ist der wichtigste chemische Parameter in Gewässern. Dies ist uns in der Regel *so* selbstverständlich, dass wir es uns zumeist gar nicht bewusst machen.

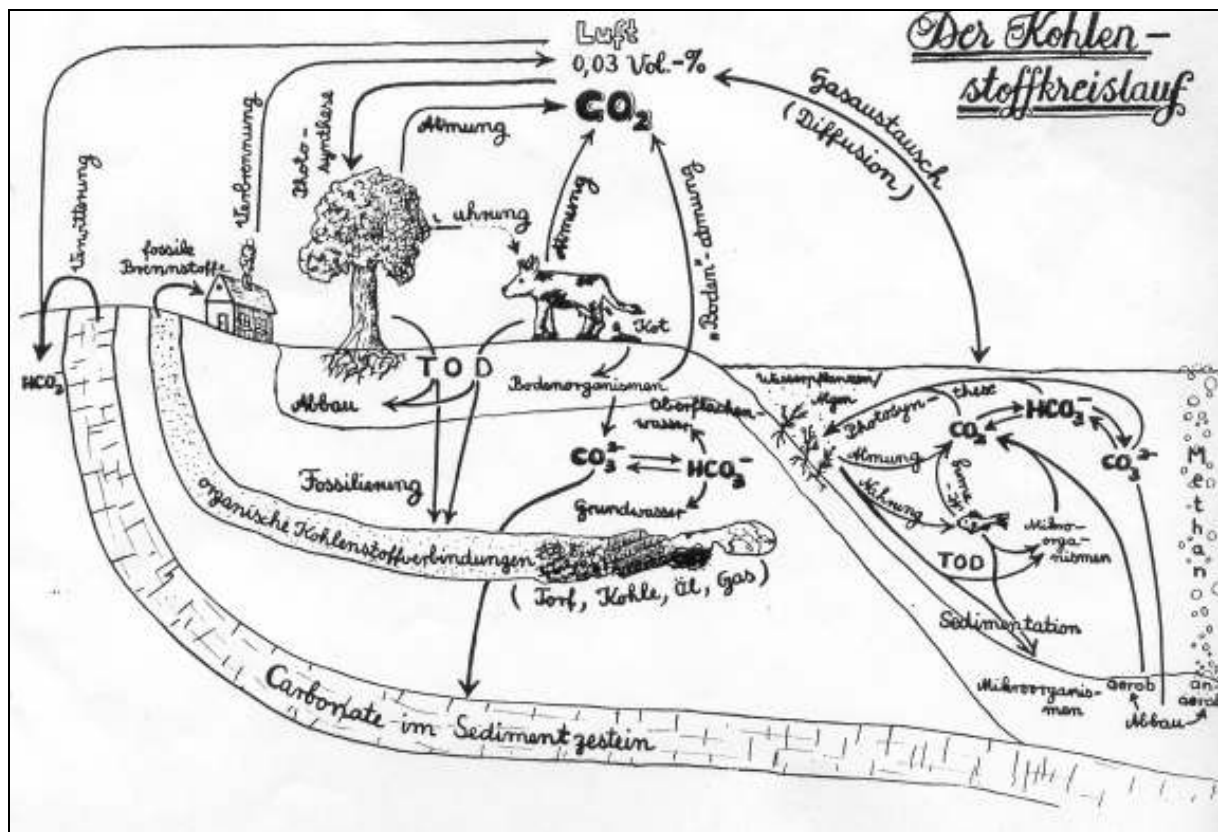
Wasser ist ein ganz besonderer Stoff. Es ist im Gegensatz zu allen chemisch vergleichbaren Stoffen bei den auf der Erde üblichen Temperaturen flüssig. Seine größte Dichte hat Wasser bei 4 °C. Wenn es kälter bzw. wärmer wird, dehnt es sich aus und wird leichter. Jeder hat schon eigene Erfahrungen mit diesen Eigenschaften gemacht. Gefrierendes Wasser in einer Glasflasche bringt diese zum Bersten, Eis schwimmt auf dem flüssigen Wasser und schützt das Leben unter dem Eis vor dem Erfrieren und warmes Wasser schwimmt ebenfalls oben, was manchem sommerlichen Tauchvergnügen in einem Baggersee ein schnelles Ende bereitet. Auch das große Wärmespeichervermögen des Wassers, seine große spezifische Wärme, wissen wir zu schätzen. *So* ist unser gemäßigtes Klima mit milden Wintern und nicht zu heißen Sommern darauf zurückzuführen, dass u.a. das Wasser des Atlantiks im Winter Wärme abgibt und im Sommer Wärme aufnimmt, was mit Hilfe des Golfstromes unsere Lufttemperaturen maßgeblich beeinflusst. Befindet man sich einige tausend Kilometer weiter östlich auf gleicher geographischer Breite, sind die Temperaturschwankungen weitab großer Wassermassen deutlich größer.

Wegen seiner besonderen Eigenschaften gehört das Wasser zu den Stoffen, die für das Leben auf der Erde unentbehrlich sind. Eine schonende Behandlung und eine verantwortungsvolle Verwendung liegt somit in unser aller Interesse. Wie sauer ist der Regen oder das Abwasser? Wie alkalisch ist mein Gartenboden? Fragen wie diese lassen sich nur unter Verwendung des Begriffes pH-Wert, einem Maß für die Konzentration der im Wasser vorhandenen Hydroniumionen (H_3O^+), beantworten. Beim pH-Wert 7 ist eine Lösung neutral, unter pH 7 ist sie sauer und über pH 7 ist sie alkalisch oder basisch. Je weiter der pH-Wert einer Flüssigkeit oder eines Bodens dabei nach unten oder nach oben vom Wert pH 7 abweicht, umso saurer oder alkalischer ist das Medium. Die meisten Lebewesen bevorzugen Medien mit pH-Werten um 7, es gibt jedoch auch Spezialisten, so die Moorbewohner, die z.B. saures Wasser benötigen. Trinkwasser muss einen pH-Wert zwischen 6,5 und 9,5 haben. Beeinflusst wird der pH-Wert u.a. durch Kohlenstoffdioxidabgabe bzw. -aufnahme bei Atmung und Fotosynthese und durch Abgabe säurebildender Hydroniumionen durch Pflanzen, die dabei im Gegenzug Nährsalze aufnehmen. Außerdem spielen menschliche Einleitungen in vielen Gewässern eine wichtige Rolle.

Die Gesamthärte des Wassers ist ein Maß für die in ihm enthaltenen Calcium- und Magnesiumionen und wird fast ausschließlich durch den Untergrund im Einzugsbereich des Gewässers bestimmt. Der Begriff Härte hat seinen Ursprung in der Tatsache, dass Seifen mit Härtebildnern schwerlösliche Salze bilden, die sich als sogenannte Kalkseifen beim Waschvorgang unangenehm bemerkbar machen. Es kommt keine Schaumbildung mehr zustande und die Kalkseifen machen das Gewebe hart. Die Kenntnis der Wasserhärte ist daher unabdingbare Voraussetzung für die sachgerechten Dosierung von Waschmitteln. Die Carbonathärte ist ein Maß für den Anteil der Calcium- und Magnesiumionen im Wasser, denen Carbonat- und Hydrogencarbonationen zugeordnet werden können. Diese wiederum haben wesentlichen Einfluss auf die Pufferwirkung des Wassers und können somit die pH-Wert Schwankungen begrenzen. Der Sauerstoff ist lebenswichtig für die heterotrophen Lebewesen. Den entscheidenden Einfluss auf den Sauerstoffgehalt im Wasser haben Fotosynthese und Atmung der in ihm lebenden Mikroorganismen, Pflanzen und Tiere. Hinzu kommen die Einflüsse durch Temperatur, Wasserbewegung und in geringem Umfang auch der Luftdruckschwankungen. Kommt es im Sommer z.B. in einem nährstoffreichen Gewässer zum Absterben einer Algenblüte und den damit verbundenen Sauerstoff zehrenden Abbauvorgängen durch Destruenten,



Sauerstoffkreislauf

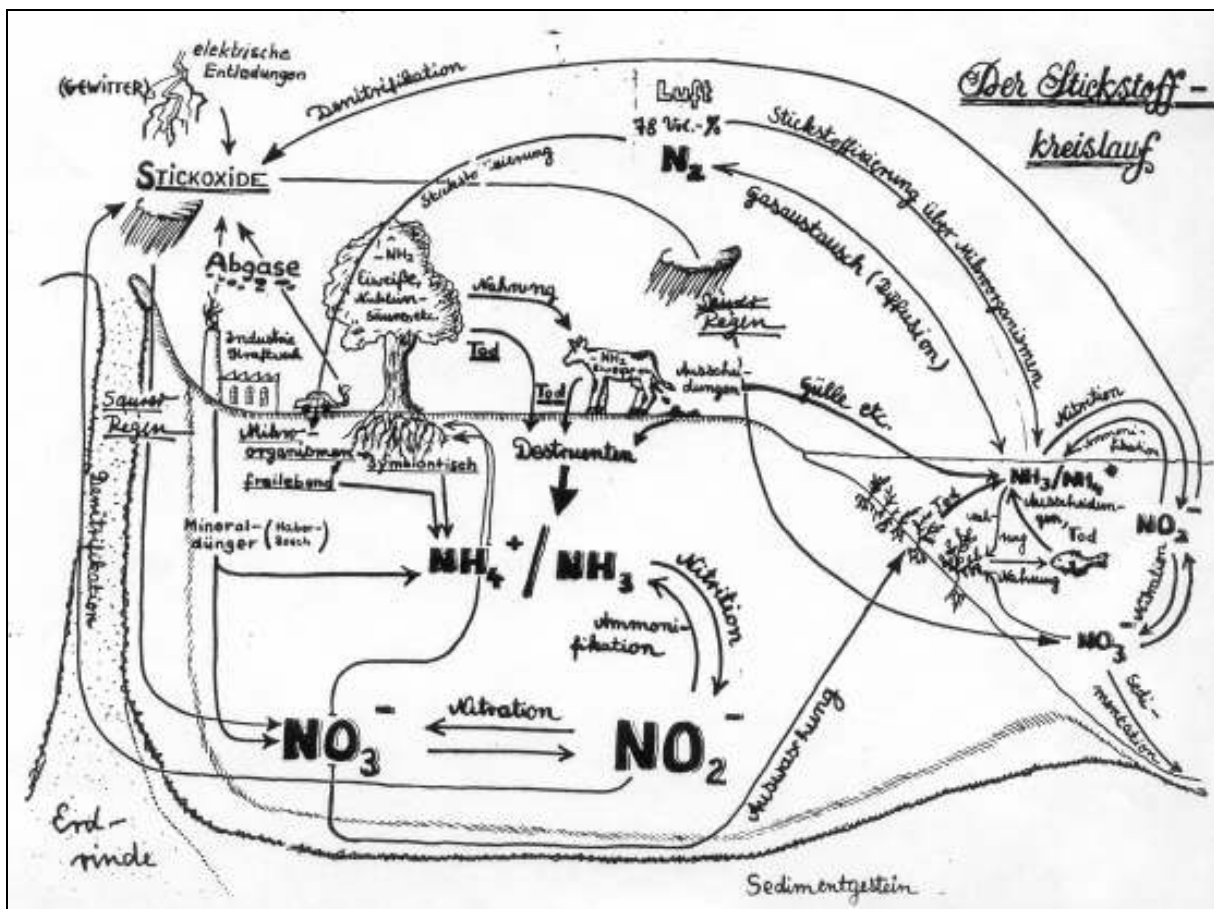


Kohlenstoffkreislauf

und ist dies möglicherweise noch verknüpft mit hohen Wassertemperaturen, so ist ein Absinken des Sauerstoffgehaltes auf für viele Tiere kritische Werte vorprogrammiert. Ein Fischsterben ist dann zumeist der auch von der Öffentlichkeit registrierte optische Ausdruck einer solchen Katastrophe.

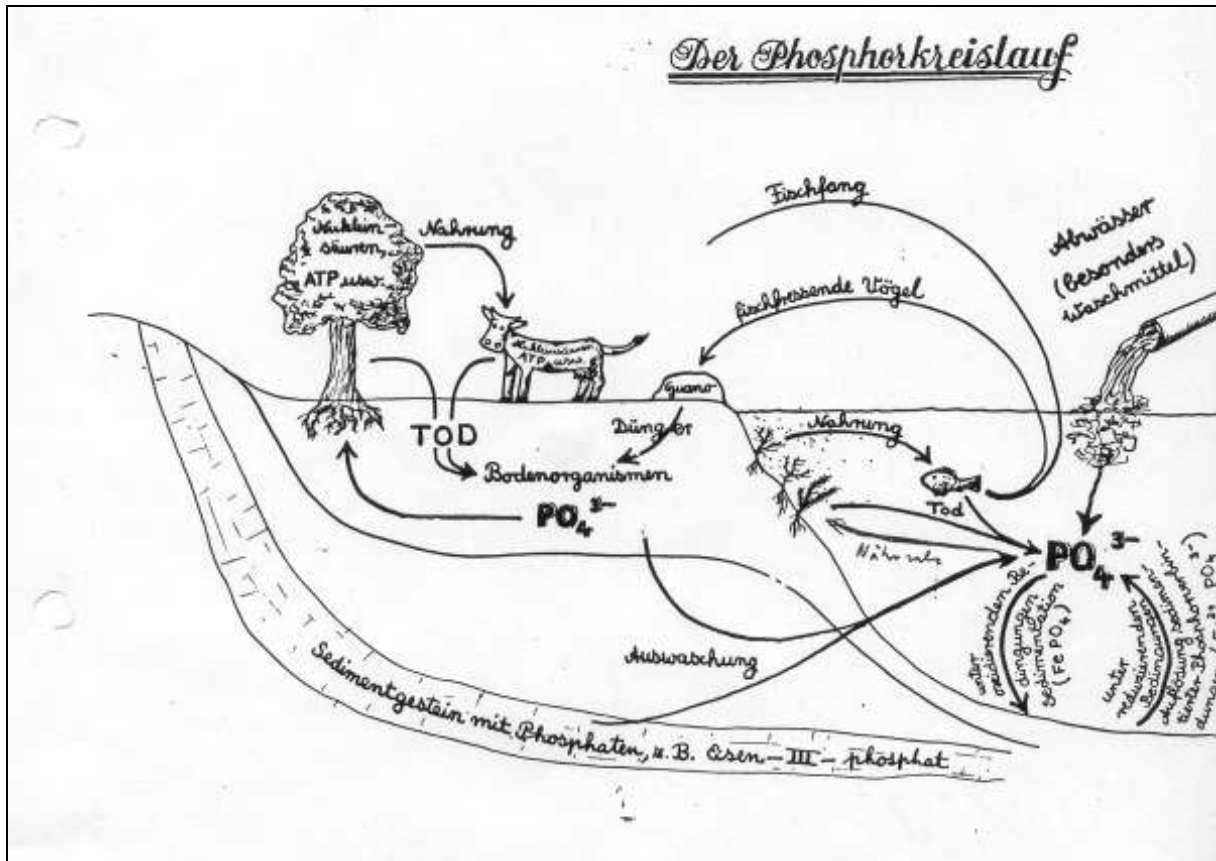
Das Element Stickstoff ist mit einem Anteil von 78% das häufigste Element in der Erdatmosphäre. Alle Lebewesen enthalten Stickstoff in gebundener Form in Aminosäuren und Eiweißen, den wichtigsten Baustoffen der Menschen, Tiere und Pflanzen, in Nukleinsäuren, die unsere Erbinformation speichern, sowie im Harnstoff und weiteren organischen Verbindungen. Darüber hinaus gibt es verschiedene anorganische Stickstoffverbindungen in unserer Umwelt.

Ammonium und Nitrat (NH_4^+ und NO_3^-) sind die Stickstoffverbindungen, die als Nährsalze für das Wachstum von Pflanzen lebensnotwendig sind. Nur durch Aufnahme dieser anorganischen Stickstoffverbindungen über die Wurzeln können Pflanzen Eiweiße und Nukleinsäuren aufbauen. Tiere benötigen ausschließlich organische Stickstoffverbindungen zum Aufbau ihrer körpereigenen Eiweiße und Nukleinsäuren. Pflanzen ernähren sich also bezüglich des Stickstoffs von Ammonium und Nitrat, Tiere dagegen von Pflanzen und anderen Tieren. Umgekehrt werden die organischen Stickstoffverbindungen, die die Tiere ausscheiden bzw. die beim Tod der Lebewesen übrigbleiben wieder in anorganische Stickstoffverbindungen zerlegt. Ammonium, Nitrit und Nitrat sind daher typische Zeiger für Verschmutzungen eines Gewässers durch organische Abfallstoffe. In natürlichen Gewässern kommen sie nur in geringsten Konzentrationen vor. Bei pH-Werten über 7 wird Ammonium in das für Lebewesen giftige Ammoniak umgewandelt, so dass hohe Ammoniumkonzentrationen in alkalische Gewässern besonders problematisch für die Lebensgemeinschaft sind.



Stickstoffkreislauf

Phosphor ist ein weiteres wichtiges Element in organischen Bau- und Betriebsstoffen der Lebewesen, beispielsweise in Adenosintriphosphat und in den Nukleinsäuren. Es wird daher durch ihre Ausscheidungen oder bei der Zersetzung toter organischer Substanz frei; Phosphorverbindungen wie Phosphat (PO_4^{3-}) sind somit ebenfalls Zeiger für Verschmutzungen durch Fäkalien. Der Mensch scheidet täglich einige Gramm Phosphor aus. Auch über die Waschmittel gelangten noch vor einigen Jahren riesige Phosphatmengen in das Abwasser. Andererseits gehören Phosphate somit auch zu den elementaren Nährsalzen der Pflanzen. In Gewässern sind sie vielfach Minimumnährsalz, das heißt das Wachstum der Pflanzen wird durch die jeweilige Phosphatkonzentration begrenzt. Das Puffervermögen der Phosphate, Hydrogenphosphate und Dihydrogenphosphate hat zur Folge, dass bei Anwesenheit dieser Salze im Wasser die Einleitung von Säuren und Laugen nur zu relativ geringen Schwankungen des pH-Wertes führt. Unter oxidierenden Bedingungen wird Phosphat im Wasser oft als schwerlösliches Eisen-III-phosphat in das Bodensediment ausgefällt, während unter reduzierenden Bedingungen leicht wasserlösliches Eisen-II-phosphat entsteht, das in Lösung geht und somit das Phosphat pflanzenverfügbar macht.



Phosphorkreislauf

3.3.1 Grundsätze der Umweltanalytik in der Schule

* Der **Messbereich** von Messgeräten und Reagenziensätzen muss den Bereich der an den Probestellen zu erwartenden Messwerte abdecken.

Beispiele: Zur Leitfähigkeitsmessung in Regenwasser reicht ein Messgerät, das bis zu 100 μS erfasst aus, während in Oberflächenwasser im Binnenland ein Gerät mit einem Messbereich bis etwa 2000 μS erforderlich ist. Nitratgehalte im Oberflächenwasser liegen in der Regel unter 10 mg/l, sodass hier zur Erfassung ein Reagenziensatz mit einem Messbereich zwischen 0 mg/l und 50 mg/l zweckmäßig ist, während die Verwendung von Nitratsteststäbchen mit einem Messbereich bis 500 mg/l für Grundwasseruntersuchungen sinnvoll sein kann.



Leitfähigkeitsmessgerät und Leitfähigkeitssticks mit unterschiedlichen Messbereichen



Nitrattests mit unterschiedlichen Messbereichen

* Messgeräte (pH-Meter, Sauerstoffmessgerät) sind vor jedem Messdurchgang, zum Beispiel einmal monatlich, zu eichen. Die Eichlösungen müssen in Ordnung sein. Zur **Eichung** von pH-Messgeräten sind Pufferlösungen etwa folgender pH-Werte erforderlich: pH 4,0; pH 7,0; pH 9,0. Zur Eichung von Leitfähigkeitsmessgeräten benötigt man eine Prüflösung mit einer Leitfähigkeit von 1413 μS . Die Batterien oder Akkus in Messgeräten müssen einen ausreichenden Ladungszustand aufweisen.

pH-Elektroden und pH-Sticks müssen in 3 molarer KCl-Lösung aufbewahrt werden.

* Reagenziensätze sind ebenfalls vor jedem Messdurchgang zu eichen. Hierzu benötigt man Eichlösungen bekannter Konzentration, die manche Anbieter von kolorimetrischen Tests ihren Reagenziensätzen als Checklösungen beifügen. Zeigt der Farbvergleich oder das Photometer bei der Überprüfung nicht die angegebene Konzentration der Eichlösung an, ist der Reagenziensatz unbrauchbar und sollte sofort entsorgt werden. Um die **Haltbarkeit** von Reagenziensätzen zu erhöhen, muss man die Reagenziengefäße nach Gebrauch sofort wieder mit dem zugehörigen Deckel verschließen. Außerdem sollte man alle Reagenziensätze möglichst im Kühlschrank aufbewahren.



Eichung eines pH-Sticks



Checklösungen für Nitrat-, Ammonium- und Phosphattest

* Wasserproben müssen umgehend nach der Probenahme untersucht werden. Schon in wenigen Stunden verändern sich physikalische und chemische Parameter. Temperatur und Sauerstoffgehalt verändern sich bereits in Minuten, andere Parameter spätestens innerhalb einiger Stunden. Eine **Kühlung** der Proben verzögert diesen Prozess ein wenig. Die zur Untersuchung verwendeten Gefäße, Spritzen usw. müssen stets sorgfältig gereinigt werden und die Spritzenspitzen dürfen niemals vertauscht werden, da dies zur Veränderung der Tropfengröße und damit der zur Probe hinzugegebenen Chemikalienmenge führt. Bei zweifelhaftem Messergebnis ggf. Wiederholungsmessung!



Die Benutzung der richtigen Spritzenspitze ist entscheidend für die korrekte Dosierung von flüssigen Reagenzien

* **Fehler** an Geräten, Chemikalien und Hilfsmitteln sind dem Fachlehrer sofort zu melden.

* Für eine sinnvolle Datenauswertung sind insbesondere **Vergleichsmessungen** über einen längeren Zeitraum oder an verschiedenen Probestellen zu empfehlen. Bei Vergleichsmessungen über einen längeren Zeitraum muss immer zur selben **Tageszeit** und an exakt demselben **Ort** gemessen werden.

Begründung: Manche Parameter wie Luft- und Wassertemperatur oder pH-Wert und Sauerstoffgehalt im Oberflächenwasser ändern sich im Tagesgang. Misst man also wöchentlich oder monatlich, so ist ein Vergleich der Werte nur bei Einhaltung eines bestimmten Messzeitpunktes sinnvoll. Ebenso sind Sauerstoffgehalte und andere chemische Parameter an der Oberfläche und in Bodennähe eines Sees oft sehr unterschiedlich, sodass hier eine immer genau gleiche Positionierung der Messelektrode erforderlich ist, um später die Werte mehrerer Messungen sinnvoll vergleichen zu können.

3.3.2 Chemische Gewässeruntersuchung

Material: Erfassungsbogen, Bleistift, Schreibunterlage, Untersuchungskoffer zur chemischen Wasseruntersuchung, beispielsweise Windaus UW 2000 für folgende Parameter: pH-Wert, Sauerstoff, Gesamthärte, Ammonium (ca. 0-10 mg/l), Nitrit (ca. 0-1 mg/l), Nitrat (ca. 0-50 mg/l) und Phosphat (ca. 0-1 mg/l), 200 ml Meßzylinder und destilliertes Wasser zur Verdünnung von Wasserproben mit hohen Salzgehalten um den Faktor 1:10 (der ermittelte Messwert ist später mit dem Faktor 10 zu multiplizieren!), Sammelgefäß für Chemikalienreste; je nach Fragestellung weitere Reagenzien, zum Beispiel für Chloridbestimmung im Oberflächenwasser im Winter.

Durchführung: Bestimme pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Gesamthärte sowie Ammonium-, Nitrit- Nitrat- und Phosphatgehalt entsprechend Anleitung. Der Sauerstoffgehalt muss auf jeden Fall sofort an der Probestelle bestimmt werden, die übrigen Parameter können in einer gekühlten Probe notfalls auch noch nach Rückkehr im Labor gemessen werden.

Bestimme gegebenenfalls weitere chemische Parameter wie Chlorid, BSB5, Carbonathärte, Eisen u.a..

Aufgaben: a) Trage die Werte in den Erfassungsbogen ein. Bestimme den Sauerstoffsättigungswert.

b) Stelle die Messwerte grafisch dar und interpretiere die Beobachtungen.

c) Verwende deine Messergebnisse zur Sicherung wertvoller Lebensräume oder zur Verbesserung der Situation in verschmutzten Gewässern. Suche hierzu den Kontakt zu Naturschutzverbänden, den zuständigen Behörden und der Öffentlichkeit.



Chemische Gewässeruntersuchung an einem Bachoberlauf

Güteklasse	Grad der organ. Belastung	Saprobienstufe	Saprobienindex	Kennzeichnung	Chemische Parameter (Richtwerte)					
					O ₂ -Minima mg/l	Ammonium mg/l	Nitrit mg/l	Nitrat mg/l	Phosphat mg/l	BSB mg/l
I	unbelastet bis sehr gering belastet	Oligosaprobie	1,0-1,5	Wasser kaum verunreinigt; vollendete Oxidation; Mineralisation; Wasser klar und O ₂ -reich	8	höchstens Spuren	<0,01	<1	<0,01	1
I-II	gering belastet	Oligosaprobie mit betamesosaprobem Einschlag	>1,5-1,8		8	um 0,1	<0,01	1	0,1	1-2
II	mäßig belastet	ausgeglichene Betamesosaprobie	>1,8-2,3	Wasser mäßig verunreinigt; Prozess der fortschreitenden Oxidation bzw. Mineralisation; O ₂ -Zehrung gering	6	0,3	<0,1		0,3	2-4
II-III	kritisch belastet	alpha-betamesosaprobe Grenzzone	>2,3-2,7		4	1	<0,3	5		4-7
III	stark verschmutzt	ausgeprägte Alphamesosaprobie	>2,7-3,2	Wasser stark verunreinigt; starke Oxidationsprozesse; Vorherrschen von bei Abbau entstehenden Aminosäuren; O ₂ -Gehalt höher (vor allem bei Tage, nachts Abnahme)	2	0,5 bis mehrere mg/l	0,5 bis wenige mg/l			7-10
III-IV	sehr stark verschmutzt	Polysaprobie mit alphamesosaprobem Einschlag	>3,2-3,5		2	mehrere mg/l	wenige mg/l			über 10
IV	übermäßig verschmutzt	Polysaprobie	>3,5-4,0	Wasser außerordentlich stark verunreinigt; starke O ₂ -Zehrung; vorwiegendes Auftreten von Fäulnisprozessen durch Reduktion und Spaltung; Bildung von H ₂ S; hoher Gehalt an organischen Stoffen; reiche Sedimentation	<2	mehrere mg/l	wenige mg/l			über 10

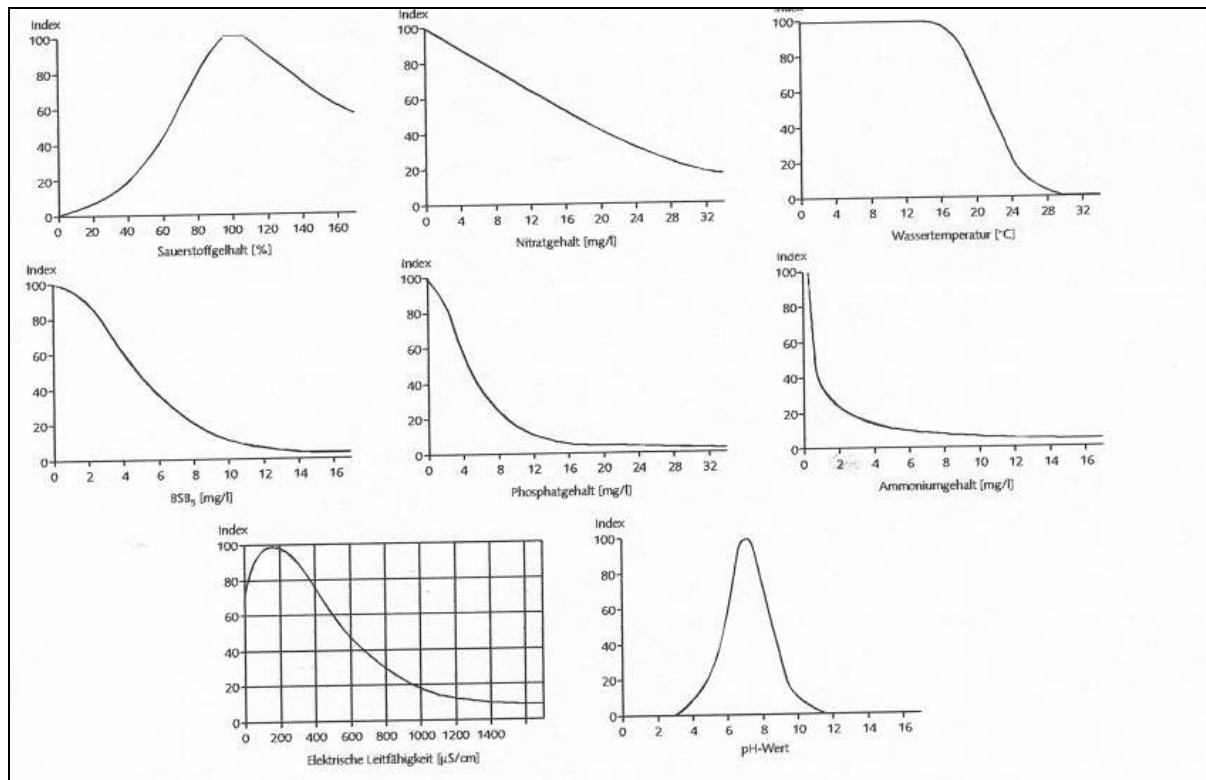
Wassergüteklassen und typische chemische Parameter (WELLINGHORST 2002)

3.3.3 Chemische Gewässergütebestimmung nach Bach

Material: Für die Bestimmung der Gewässergüte haben Zeigerorganismen eine herausragende Bedeutung. Obwohl physikalisch-chemische **Parameter** nur den Augenblickszustand eines Gewässers wiedergeben, kann man auch aus ihnen Rückschlüsse auf die Gewässergüte ziehen, wenn man sie im Zusammenhang betrachtet. Dies geschieht unter Berücksichtigung von 8 Parametern bei der Berechnung des **Chemischen Index** nach Bach.

Jedem Parameter wird dabei zunächst eine **Indexzahl** zwischen 0 und 100 zugeordnet. Die dimensionslose Indexzahl 0 steht dabei für den denkbar schlechtesten Wert, die Zahl 100 für den besten Wert. Weiterhin werden alle Parameter mit einer **Wichtung** versehen, die ihrer Bedeutung im Ökosystem entspricht. Diese Wichtung ist eine Zahl zwischen 0 und 1, wobei die Wichtungen aller Parameter zusammengerechnet genau 1 ergeben.

Parameter	Wichtung
Sauerstoffsättigung (%)	0,20
BSB ₅ (mg/l)	0,20
Wassertemperatur (°C)	0,08
Ammonium (mg/l)	0,15
Nitrat (mg/l)	0,10
Phosphat (mg/l)	0,10
pH-Wert	0,10
Elektr. Leitfähigkeit (µS/cm)	0,07
n = 8	Σ = 1,0



Transformationskurven für Indexzahlen

Chem. Index	100	83	73	56	44	27	17	1
Gewässergüte	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV	

Zusammenhang zwischen chemischem Index und Gewässergüte

- Aufgaben:**
- Bestimme unter Verwendung der Transformationskurven für deine bei einer chemischen Gewässeruntersuchung ermittelten Parameter die zugehörigen Indexzahlen.
 - Multipliziere die Indexzahlen mit den zugehörigen Wichtungen und addiere die Ergebnisse. Die sich ergebende Summe ist der Chemische Index. Beurteile abschließend die chemische Gewässergüte und halte das Ergebnis fest.
 - Verwende deine Messergebnisse zur Sicherung wertvoller Lebensräume oder zur Verbesserung der Situation in verschmutzten Gewässern. Suche hierzu den Kontakt zu Naturschutzverbänden, den zuständigen Behörden und der Öffentlichkeit.

3.4 Biologische Gewässeruntersuchung

Die langfristige Gewässergüte lässt sich nur über die im Gewässer vorkommenden Tiere und Pflanzen beurteilen. Jede Tier- und Pflanzenart besitzt für jeden der zuvor beschriebenen physikalischen und chemischen Parameter einen nur ihr eigenen Toleranzbereich. Bewegt sich nur ein Parameter aus dem Toleranzbereich einer Art heraus, so stirbt sie. Wenn also die Beschaffenheit eines Gewässers z.B. durch eine Schadstoffeinleitung kurzfristig verändert wird, kann man später am Fehlen bestimmter Arten erkennen, dass der Zustand für diese Arten vorübergehend nicht mehr akzeptabel war, die biologische Gewässergüte also schlechter ist als es die augenblicklich messbaren physikalischen und chemischen Parameter es vermuten lassen. Als Zeigerorganismen besonders geeignet sind Arten mit einer engen Toleranzbreite gegenüber bestimmten Umweltfaktoren (stenöke Arten). Unter Einbeziehung der Wechselwirkungen der Arten untereinander ergibt sich für einen bestimmten Biotop immer eine zugehörige für diesen Biotop typische Lebensgemeinschaft.

Bei der Gewässergüte der Fließgewässer werden vier Klassen von Güteklasse I bis IV mit weiteren Zwischenstufen unterschieden. Güteklasse I steht dabei für ein unbelastetes Gewässer, Güteklasse II für mäßige Belastung, Güteklasse III für starke Verschmutzung und Güteklasse IV für übermäßige Verschmutzung. Sie entsprechen den Hauptabbaustufen der bei der biologischen Selbstreinigung auftretenden Sauerstoff zehrenden Abbauprozesse (Fäulnisprozesse, Saprobie). Chemisch sind diese Stufen gekennzeichnet durch Reduktion bzw. Fehlen von gelöstem Sauerstoff (Polysaprobie, Güteklasse IV), weniger oder weiter fortgeschrittene Oxidation (α - und β - Mesosaprobie, Güteklasse III und II) sowie vollendete Oxidation und somit Mineralisation der Stoffe (Oligosaprobie, Güteklasse I). Der Saprobienindex ist somit ein Maß für die Auswirkungen einer Gewässerverschmutzung mit organischen, biologisch abbaubaren Stoffen. Mit fortschreitender Mineralisation organischer Stoffe im Gewässer nimmt die Saprobie ab, seine Trophie, d.h. die fotosynthetischen Aufbauvorgänge nehmen hingegen zu. Ein eutrophes Gewässer ist also ein mineralsalzreiches Gewässer, in dem viele Produzenten vorkommen.

In den letzten Jahrzehnten haben insbesondere die makroskopisch bestimmbar wirbellosen Tiere eine immer größere Bedeutung für die Gütebeurteilung der Fließgewässer gewonnen. Auch wenn in vielen Fällen keine Bestimmung bis zur Art möglich ist, führen Untersuchungen nach der hier angewendeten Methode zu erstaunlich gut reproduzierbaren Ergebnissen. Je mehr Arten die Fließgewässerlebensgemeinschaft eines definierten Gewässertyps aufweist, umso besser ist die Gewässergüte. Wenige Arten in großer Individuenzahl deuten zu meist auf negative Einflüsse durch den Menschen hin. Außerdem deutet das häufigere Vorkommen von Steinfliegenlarven, Eintagsfliegenlarven, Köcherfliegenlarven, Strudelwürmern und Flohkrebse an, dass die Gewässergüte bei Güteklasse II und besser liegt, während häufiges Vorkommen von Egel, Wasserasseln, Roten Zuckmückenlarven, Schlammröhrenwürmern und Rattenschwanzlarven auf Güteklasse III und schlechter hinweist.

3.4.1 Makroskopische Wirbellose und Gewässergütebestimmung

Material: Erfassungsbogen, Bleistift, Schreibunterlage, Küchensieb, weiße Kunststoffschale, Tuschkastenpinsel, kleine Petrischalen, Lupe, Gläser, ggf. Stereolupe, Exhaustor, Bestimmungsbücher: z.B. BARNDT et al. 1988, ENGELHARDT 1990, SCHWAB 1995, WELLINGHORST 2002

Durchführung: Sammle und bestimme entsprechend folgender Anweisung wirbellose Gewässertiere.

1. Wirbellose Tiere des Süßwassers werden mit einem Küchensieb gefangen. Für jeweils 5 bis 10 Minuten werden an der Probestelle Steine abgesucht, der Boden durchsiebt und Wasserpflanzen abgekäschert. Kleinere Organismen sollte man mit einem Tuschkastenpinsel transportieren und mit einer ca. 8fach vergrößernden Lupe betrachten.

2. Die Bestimmung erfolgt anhand der schriftlichen Angaben im Bestimmungsschlüssel. Die Abbildungen stellen jeweils nur einen typischen Vertreter der entsprechenden Gruppe dar und sind lediglich als zusätzliches Hilfsmittel bei der Bestimmung gedacht. Die Übersichtstabelle in dieser Arbeit gibt einen Überblick über im Süßwasser häufig anzutreffende Wirbellose und kann von jüngeren Schülern in Verbindung mit dem beiliegenden einfachen Erfassungsbogen auch zur Gütebestimmung verwendet werden. In der Sekundarstufe II sollten zusätzlich weitere Bestimmungsbücher (siehe unter Material) verwendet werden. Die Seitenzahlen in der hier abgedruckten Bestimmungsübersicht beziehen sich auf den Bestimmungsschlüssel „Wirbellose Tiere des Süßwassers“ (WELLINGHORST 2002).

3. Die mit dem hier abgedruckten Schlüssel ermittelten Gütefaktoren sind Richtwerte, die eine in vielen Fällen ausreichende erste Orientierung bezüglich der biologischen Gewässergüte erlauben. Außerdem kann man mit Hilfe des Schlüssels die Methode der biologischen Gewässergütebeurteilung kennen lernen. Detaillierte wissenschaftliche Untersuchungen erfahrener Limnologen lassen sich so jedoch nicht ersetzen.

Setze Tiere die sich nicht auf Anhieb bestimmen lassen in ein Glas und bestimme sie im Labor. Halte sie kühl und setze sie schnellstmöglich am Fundort wieder aus. Schätze die Häufigkeit des Vorkommens der gefundenen Indikatorarten entsprechend der Vorgaben im Erfassungsbogen.

Aufgaben: a) Trage die gefundenen Arten und die zugehörigen Häufigkeitszahlen im Erfassungsbogen ein. Die Namen der Arten, die keine Bedeutung als Zeigerorganismen haben, schreibe auf die Rückseite des Erfassungsbogens.

b) Berechne die Gewässergüte unter Verwendung des Erfassungsbogens und beurteile das Gewässer. Die biologische Gütebeurteilung wurde primär für Fließgewässer entwickelt, lässt sich aber für grobe Abschätzungen auch auf die Uferbereiche stehender Gewässer anwenden.

c) Bestimme die Gewässergüte an verschiedenen Orten eines Fließgewässersystems und erstelle eine Gewässergütekarte.

d) Bestimme die wirbellosen Tiere im Räumgut, das bei einer Gewässerunterhaltung aus einem Gewässer entfernt wurde. Schätze durch Auszählen der Tiere in einer kleinen Räumgutmenge, wie viele Individuen der verschiedenen Arten auf einem Kilometer geräumter Fließgewässerstrecke verenden.

e) Sammle am Gewässerufer und unter Brücken (Exhaustor) Insekten, bestimme sie und stelle fest ob es Arten sind, deren Larven sich im Wasser entwickeln. Für viele sich im Gewässer entwickelnde Insektenarten gibt es zur Bestimmung der Imagines genauere Bestimmungsschlüssel als zur Bestimmung der Larven.

c) Verwende deine Ergebnisse zur Sicherung wertvoller Lebensräume oder zur Verbesserung der Situation in verschmutzten Gewässern. Suche hierzu den Kontakt zu Naturschutzverbänden, den zuständigen Behörden und der Öffentlichkeit.

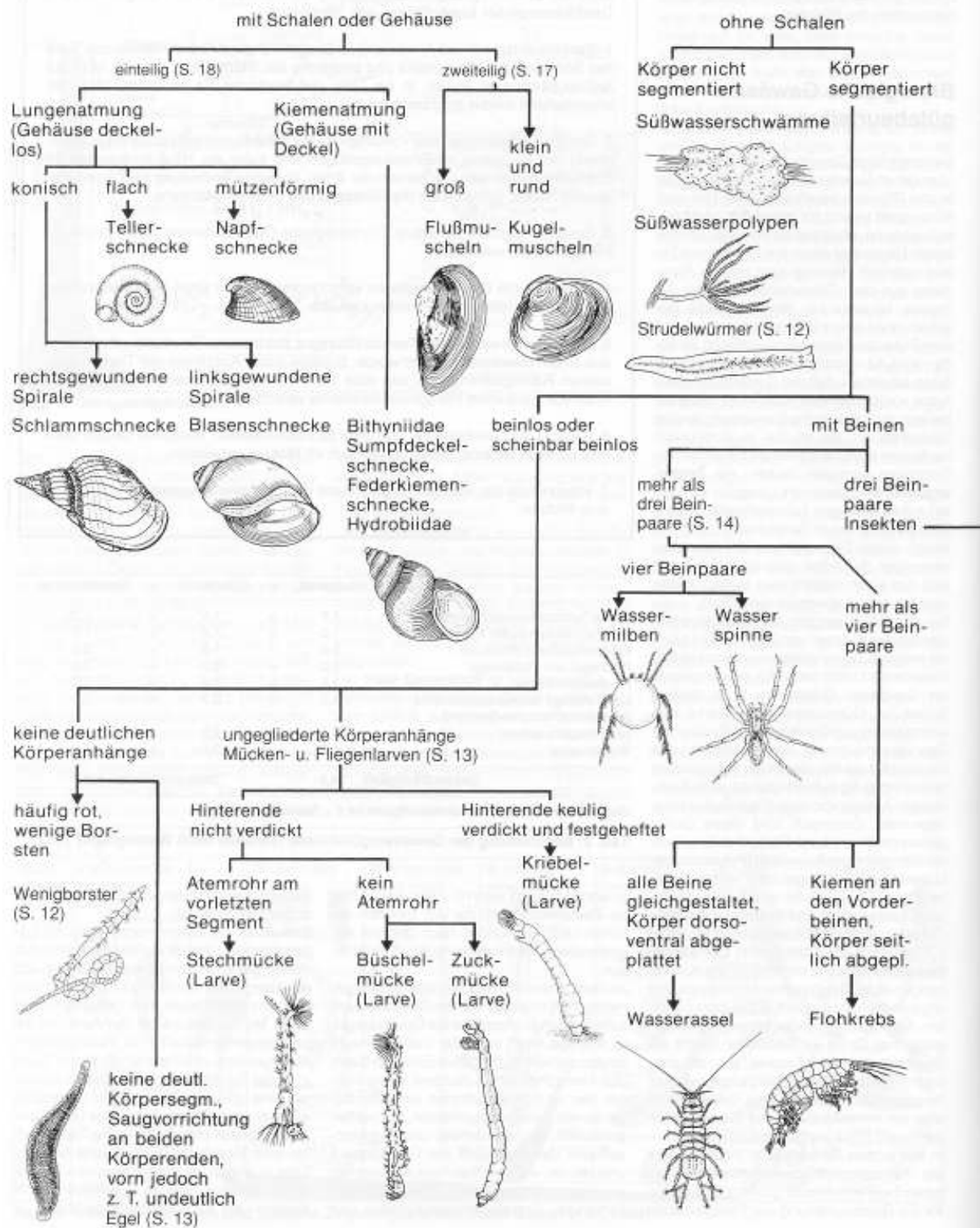


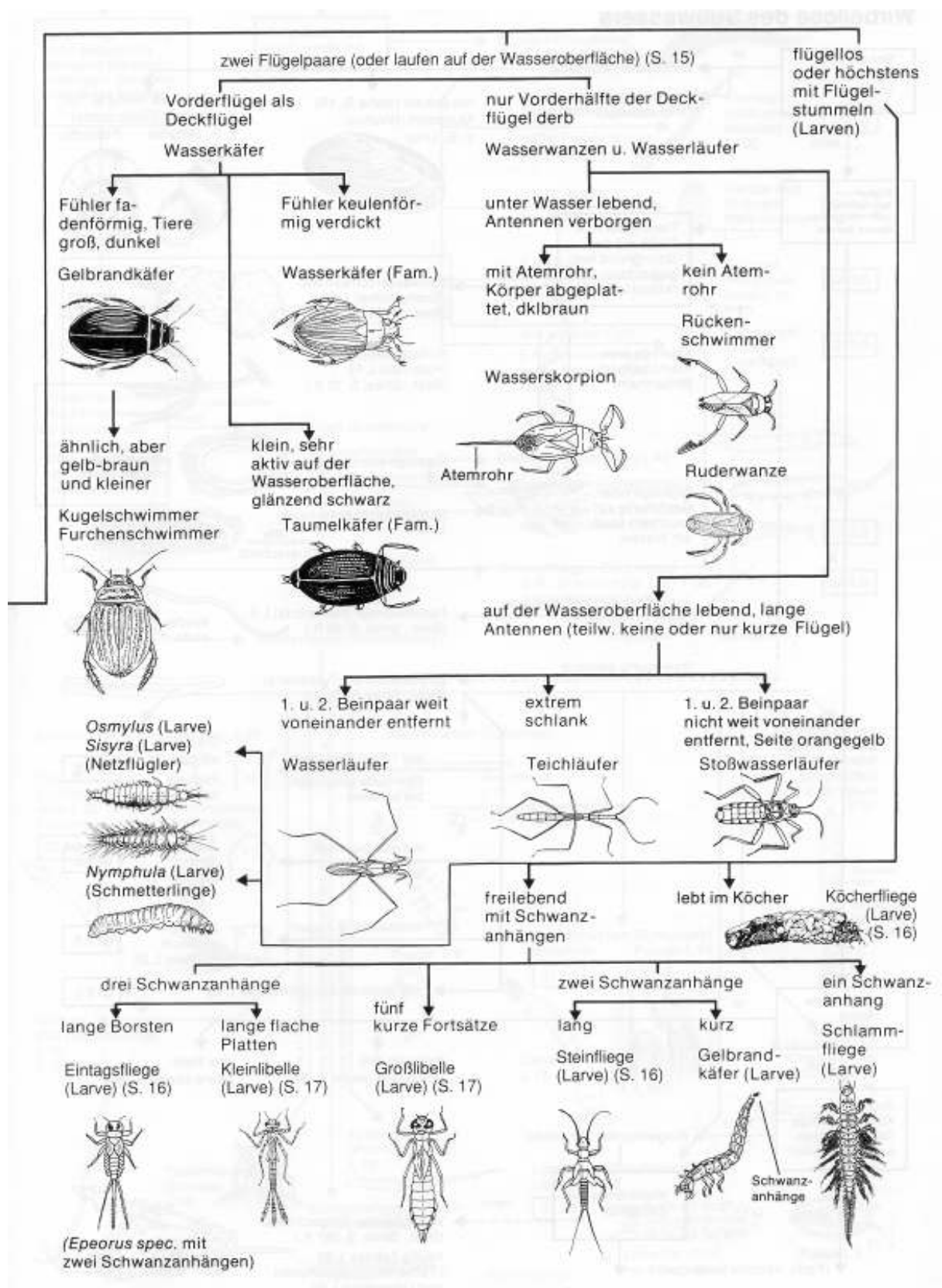
Sammeln makroskopischer Wirbelloser mit Küchensieb und Tuschkastenpinsel



Bestimmung der Wassertiere unter Verwendung von Stereolupen

Die häufigsten Wirbellosen des Süßwassers (Übersicht)





Erfassungsbogen Biologische Gewässergüte

Name des Gewässers: _____

Lage der Probestelle: _____

Name des Probennehmers: _____

Datum: _____ Bemerkungen: _____

Liste der gefundenen Tiere:

	Anzahl	Häufigkeit	x	Gütefaktor	=
* Strudelwürmer	_____	_____	x	2,0	= _____
* Steinfliegenlarven	_____	_____	x	1,3	= _____
* Eintagsfliegenlarven	_____	_____	x	1,8	= _____
* Köcherfliegenlarven	_____	_____	x	1,8	= _____
* Libellenlarven	_____	_____	x	2,0	= _____
* Schlammfliegenlarven	_____	_____	x	2,2	= _____
* Flohkrebse	_____	_____	x	2,0	= _____
* Wasserasseln	_____	_____	x	2,7	= _____
* Flussmuscheln	_____	_____	x	2,0	= _____
* Kugelmuscheln	_____	_____	x	2,3	= _____
* Federkiemenschnecken	_____	_____	x	2,3	= _____
* Napfschnecken	_____	_____	x	2,0	= _____
* Tellerschnecken	_____	_____	x	2,0	= _____
* Schlamm-schnecken	_____	_____	x	2,5	= _____
* Egel	_____	_____	x	2,5	= _____
* rote Zuckmückenlarven	_____	_____	x	3,5	= _____
* Wenigborster (Schlammröhrenwurm)	_____	_____	x	3,5	= _____

Gesamthäufigkeit: _____ Gesamtsumme: _____

Gesamtsumme _____ : Gesamthäufigkeit _____ = Gewässergüte _____

Häufigkeit: 1 Einzelexemplar; 2 selten, 3 häufig, 4 massenhaft

3.4.2 Erfassung freischwimmender Planktonorganismen (Schwerpunkt: Rädertiere)

Material: Planktonnetz; Wasserprobennehmer nach Ruttner, Protokollheft; Mikroskop und Mikroskopierzubehör; Gläser; Eimer; STREBLE et al. 1988, SCHWAB 1995

Durchführung: Mit einem sauberen Planktonnetz wird im Gewässer Plankton gesammelt. Hierzu wird das Netz fünfmal etwa eine Minute lang unter der Wasseroberfläche durch das Wasser gezogen. Dabei wird es auch zwischen Wasserpflanzen entlanggestreift. Alternativ entnimmt man mit einem Eimer etwa 50 Liter Wasser aus dem Gewässer und gießt es durch das Planktonnetz. Den Inhalt des Fangbechers gibt man in ein Glas und bewahrt ihn bis zur Untersuchung, die möglichst noch am selben Tag erfolgen soll, im Kühlschrank auf. Aus Pfützen werden mit einem Marmeladenglas etwa 10 Liter Wasser entnommen und durch das Planktonnetz gegossen und bis zur Untersuchung im Kühlschrank gelagert. Bei Tiefenprofiluntersuchungen entnimmt man die Proben mit dem Wasserschöpfgerät nach Ruttner.

Um ein größeres Lebewesen, hier ein Rädertier, zu isolieren überträgt man es mit einer feinen Glaskapillare auf einen gesonderten Objektträger. Dieses Rädertier ist so auch nach längeren Arbeitspausen problemlos wieder aufzufinden. Um die Bewegung der recht flinken Rotatorien einzuschränken gibt man etwas Novocain oder Glycerin in die Probe oder klemmt die Rotatorien durch vorsichtiges Absaugen des Wassers zwischen Deckglas und Objektträger ein. Hierbei besteht jedoch die Gefahr, dass die Tiere durch weiteres Verdunsten des Wassers zerquetscht werden. Man kann die Rädertiere auch mit Formalin abtöten. Bei dieser Methode ziehen die Rotatorien allerdings ihr Räderorgan und den Fuß ein und sind damit zum Zeichnen ungeeignet.

Um eine Zählung der Rädertiere der jeweiligen Probe vorzunehmen schüttelt man die Probe ein wenig, um die Rädertierchen möglichst gleichmäßig im Glas zu verteilen. Man entnimmt der Probe nun ca. 2-4 Tropfen. Die hier gefundene Anzahl kann man dann auf die gesamte Probe hochrechnen. Zur Zählung der ist es erforderlich, diese abzutöten um zu verhindern, dass sie während des Zählens ihre Position verändern und vielleicht doppelt erfasst werden. Zu diesem Zweck gibt man einige Tropfen Formalin in die Probe. Die Tiere sterben nach einigen Sekunden. Die gezählten Tiere der jeweiligen untersuchten Tropfen können auf die gesamte Probe hochgerechnet werden.

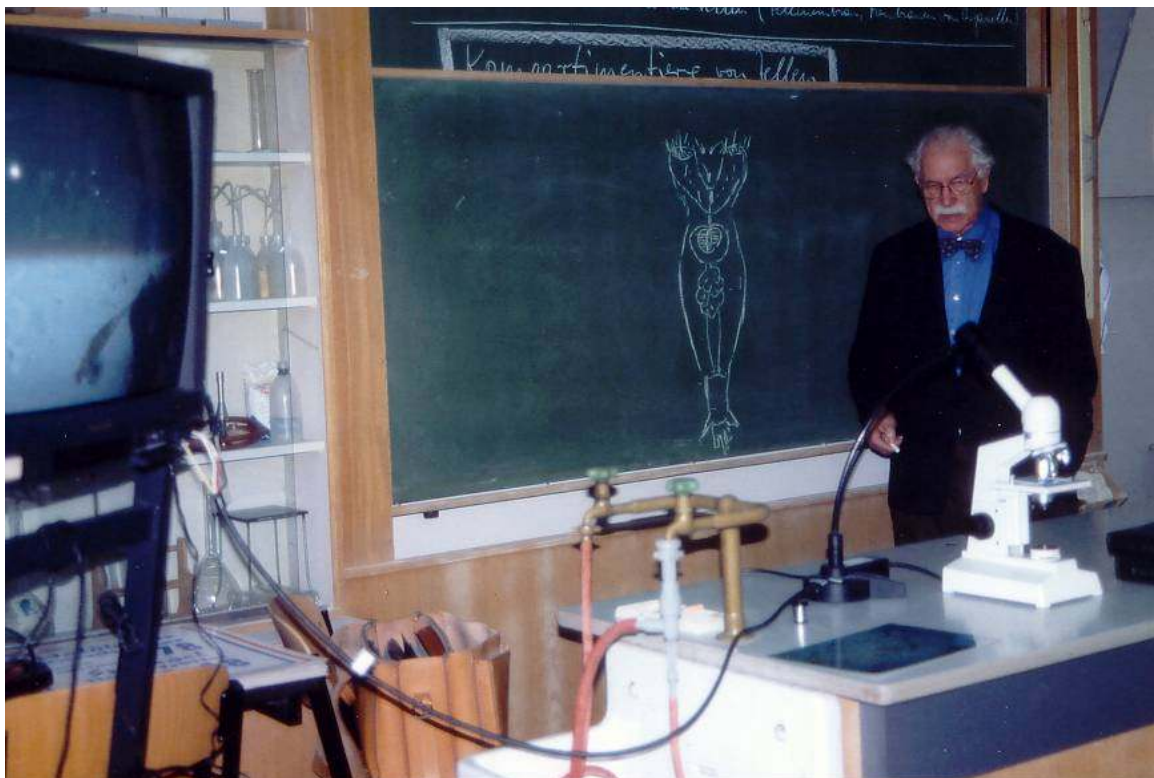
Bei einigen Rotatorienarten ist es zur Bestimmung der Unterart erforderlich, den Kauer der Tiere zu untersuchen. Zu diesem Zweck überträgt man das gewünschte Rädertier auf die oben beschriebene Weise auf einen gesonderten Objektträger. Dem Wassertropfen auf diesem Objektträger setzt man etwas 5-10%ige Kalilauge hinzu. Diese löst die Weichteile des Rädertierchens und seines Kauers auf. Die Hartteile des Kauers bleiben erhalten. Hat sich das Rädertierchen aufgelöst, kann man mit einer feinen Präpariernadel den Kauer freilegen und gegebenenfalls richten. Der Kauer ist nun zum Zeichnen bereit.

Aufgabe: a) Bestimme die gefundenen Planktonformen. Zeichne und fotografiere ausgewählte Arten. Halte ihre Häufigkeit unter Verwendung folgender Häufigkeitsangaben fest: I = Einzelexemplar; II = wenige Exemplare; III = häufig; IV = massenhaft. Führe ggf. Gewässergütebestimmungen durch.

b) Verwende deine Ergebnisse zur Sicherung wertvoller Lebensräume oder zur Verbesserung der Situation in verschmutzten Gewässern. Suche hierzu den Kontakt zu Naturschutzverbänden, den zuständigen Behörden und der Öffentlichkeit.



Sammeln von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen eines Sees mit dem Ruttner-Schöpfer



Als Experte aus der Region unterstützt der Rädertierexperte Dr. Koste die Schüler bei der Auswertung der Proben. Mit einer Flexkamera werden die Mikroskopbilder auf den Fernseher übertragen.

3.4.3 Erfassung festsitzender Einzeller

Material: Styroporplatte (ca. 3 cm dick); Paketband; Flaschenkorken; Gewicht; Klebstoff; 12 Objektträger; Messer; STREBLE et al. 1988, weitere Bestimmungsschlüssel für Einzeller

Durchführung: Festsitzende Einzeller aus verschiedenen Tiefen eines Gewässers sollen erfasst werden. Schneide aus der Styroporplatte drei Quadrate von etwa 10 cm Kantenlänge. Schneide etwa 2 cm tiefe und 2,5 cm breite, waagerechte Schlitze in die vier Seiten und klebe jeweils einen Objektträger ein. Ziehe das Paketband mittig durch die Platten. Kürze es so, dass seine Länge der Tiefe des Untersuchungsgewässers entspricht und fixiere die Styroporplatten durch Knoten in der Mitte sowie etwa 20 cm entfernt von den Enden am Paketband. Befestige schließlich an einem Ende das Gewicht und am anderen Ende den Flaschenkorken und setze die Versuchsanordnung an einer ruhigen Stelle in das Untersuchungsgewässer. Entnimm sie etwa zwei Wochen später und mikroskopiere.

Aufgaben: a) Zeichne einige der auf den Objektträgern festsitzenden Einzeller. Finde ihre Namen heraus und beschreibe Unterschiede in der Besiedlung in verschiedenen Tiefen.

b) Verwende deine Ergebnisse zur Sicherung wertvoller Lebensräume oder zur Verbesserung der Situation in verschmutzten Gewässern. Suche hierzu den Kontakt zu Naturschutzverbänden, den zuständigen Behörden und der Öffentlichkeit.



Ein Planktonfloß wird in den Schulteich eingesetzt

4 Literatur

- AICHELE, D., GOLTE-BECHTLE, M. (1997): Was blüht denn da? - Franckh'sche Verlags-
handlung Stuttgart
- BARNDT, G., BOHN, B., KÖHLER, E. (1988): Biologische und chemische Gütebestim-
mung von Fließgewässern. - Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V.
Bonn Band 53
- BREHM, J., MEIJERING, M. (1982): Fließgewässerkunde. - Quelle und Meyer Heidelberg
- BRUCKER, G. (1986): Kleinlebensräume einfach untersucht. - Aulis Verlag Köln
- CRAMER, R. (1995): Pflanzensoziologische Untersuchungen im Teichgelände des AGQ. -
Facharbeit am Artland-Gymnasium Quakenbrück
- DONNER, J. (1967): Rädertiere. - Kosmos-Verlag Franckh Stuttgart
- ELLENBERG, H. (1978): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - Eugen Ulmer Stuttgart
- ELLENBERG, H. (1979): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. - Verlag Erich
Goltze Göttingen
- ENGELHARDT, W. (1990): Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? - Franckh'sche Verlag-
handlung Stuttgart
- FEY, J.M. (1996): Biologie am Bach. - Quelle & Meyer Wiesbaden
- FITTER, A. (1987): Blumen - Pareys Naturführer plus. - Paul Parey Hamburg
- FITTER, R., FITTER, A., BLAMEY, M. (1998): Pareys Blumenbuch. - Paul Parey Ham-
burg
- FRANKE, A. (1990): Umweltfaktoren messen und beurteilen. - Piepersche Druckerei Claus-
thal Zellerfeld
- GARMS, H. (1990): Pflanzen und Tiere Europas. - Deutscher Taschenbuchverlag
- GODET, J.D. (1987): Der Godet-Gehölzführer Bäume und Sträucher. - Weltbild Verlag
Augsburg
- GRAW, M., BORCHARDT, D. (1999): Ein Bach ist mehr als Wasser... - Hessisches Mi-
nisterium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten Wiesbaden
- HALLER, B., PROBST, W.: Botanische Exkursionen. - Gustav Fischer Verlag Stuttgart
- HOFMEISTER, H. (1990): Lebensraum Wald. - Verlag Paul Parey Hamburg
- HÜTTER, L.A. (1988): Wasser und Wasseruntersuchung. - Diesterweg Sauerländer Frank-
furt
- JAENICKE, J., JUNGBAUER, W. (1999): Netzwerk Biologie 1. - Schroedel Verlag Hanno-
ver
- JAENICKE, J., JUNGBAUER, W., KONOPKA, H.P. (2001): Netzwerk Biologie 2. -
Schroedel Verlag Hannover
- JOGER, U. (1989, Hrsg.) Praktische Ökologie. - Diesterweg Frankfurt Main
- LORENZ, P., LORENZ, P. (1995): Einführung in die biologisch-mikroskopische Be-
lechtschlammanalyse. - Quelle und Meyer Wiesbaden
- MEYER, D. (1983): Makroskopisch-biologische Feldmethoden zur Wassergütebeurteilung
von Fließgewässern. - ALG und BUND Hannover
- MIEGEL, H. (1981): Praktische Limnologie. - Diesterweg Sauerländer Frankfurt
- MITCHELL, A. (1979): Die Wald- und Parkbäume Europas. - Verlag Paul Parey Hamburg
- ROTHMALER, W.: Exkursionsflora. - Gustav Fischer Verlag Jena - Stuttgart
- SANDROCK, F. (1981): Fließgewässer. - Unterricht Biologie, H. 59, S. 2-11
- SCHMEIL-FITSCHEN (1996): Flora von Deutschland und seinen angrenzenden Gebieten. -
Quelle & Meyer Heidelberg
- SCHROEDEL Verlag (2001): Werkservice. - www.schroedel.de
- SCHWAB, H. (1995): Süßwassertiere - Ein ökologisches Bestimmungsbuch - Ernst Klett
Schulbuchverlag

- STREBLE,H., KRAUTER,D. (1988): Das Leben im Wassertropfen. - Franckh'sche Verlags-
handlung Stuttgart
- STRESEMANN,H.: Exkursionsfauna. - Volk und Wissen Berlin
- WELLINGHORST, R. (1982): Makroskopische Wirbellosenfauna des Süßwassers. - Unter-
richt Biologie, H. 68, S. 28 - 30
- WELLINGHORST, R. (1992): Alte Obstbaumwiesen – Krügers Dickstiel und Co. als Thema
im Projektunterricht. – Beispiele 10. Jahrgang, H. 3, S. 25 - 27
- WELLINGHORST, R. (Hrsg. 1997): Die Haseaue zwischen Badbergen und Menslage. –
Artland Frosch Heft 5/6. - Artland-Gymnasium Quakenbrück
- WELLINGHORST, R. (Hrsg. 1999): Umwelterziehung durch Freilandarbeit. – Artland
Frosch Heft 7/8. - Artland-Gymnasium Quakenbrück
- WELLINGHORST, R. (Hrsg. 2001): Untersuchungen im Schulgelände. – Artland Frosch
Heft 9/10. - Artland-Gymnasium Quakenbrück
- WELLINGHORST, R. (2002): Wirbellose Tiere des Süßwassers. - Friedrich Verlag, Im
Brande 15, 30917 Seelze
- WELLINGHORST, R. (Hrsg. 2003): Formen externer Kooperation in der Umweltbildung
des Artland-Gymnasiums. – Artland Frosch Heft 11/12. - Artland-Gymnasium Quakenbrück
- WILDERMUTH; H. (o.J.): Lebensraum Wasser. - Schweizerischer Bund für Naturschutz
Basel