

## Kurs 5: Der Natur über die Schulter geschaut

### Einleitung

Ziel des Kurses war, die beiden Ökosysteme Wasser und Boden zu erforschen und sie mit verschiedenen Methoden zu untersuchen. Um Aussagen über ihre Organismen machen zu können, mussten diese zunächst erfasst und bestimmt werden. Mit Hilfe von Leitorganismen, sog. Bioindikatoren, konnte man Angaben über die Güte der untersuchten Gewässer und Böden machen. Hierbei wurden die evolutiven Anpassungen an die verschiedenen Lebensräume über Millionen Jahre erkennbar. Besonders deutlich ist dies beim Vergleich der Organismen der Fließgewässer und der stehenden Gewässer. Aufgrund der Fließgeschwindigkeit des Wassers in Bächen und Flüssen haben die in diesem Lebensraum sich entwickelnden Insektenlarven mannigfache Haftorgane, um von der Wasserwelle nicht fortgeschwemmt zu werden. Die Schweborganismen stehender Gewässer, das sog. Plankton, muss sich weder mit Steinen beschweren, noch mit Saugnäpfen oder klebrigen Schleimsohlen am Substrat befestigen, sondern sie werden nur durch die Windbewegungen hin und her bewegt.

Chemische und physikalische Werte der Wasser- und Bodenproben wurden ebenfalls mit unterschiedlichen Methoden erhoben. Um auch exakte wissenschaftliche Analyseverfahren kennen zu lernen stand der Besuch eines Industrie- und zweier Hochschullabors auf dem Programm.

Folgenden Wissenschaftlern und ihren Mitarbeitern dieser Institutionen möchten wir an dieser Stelle unseren herzlichen Dank aussprechen:

Dr. Rolf Maier von der Firma Crompton Corporation in Lampertheim, Dr. Gerhard Schilling vom organisch-chemischen Institut der Universität Heidelberg sowie Dr. Henner Hollert vom Zoologischen Institut der Universität Heidelberg. Dr. Karl-Friedrich Raqué und Theo Prestel.



## Steckbriefe

Name: **Elena Czink**  
Geburtsdatum: 08.11.87  
Geburtsort: Heidelberg  
Schule: Gymnasium Walldorf  
Geschwister: Felix (13)  
Hobbys: Reiten, Tanzen  
E-Mail: ElenaCzink@web.de

Name: **Frederic Condin**  
Geburtsdatum: 01.06.88  
Geburtsort: Schwäbisch Gmünd  
Schule: Scheffold-Gymnasium  
Geschwister: Christian (19)  
Hobbys: Mathematik, Lesen, Chemie,  
Botanik (Bryologie)  
E-Mail: Frederic.Condin@gmx.de

Name: **Jana-Leonie Bauer**  
Geburtsdatum: 19.08.87  
Geburtsort: Tübingen  
Schule: Hegel-Gymnasium  
Geschwister: Amelie (12), Michel (13)  
Hobbys: Tanzen, Lesen, Kontrabass,  
Freunde  
E-Mail: jana-leonie\_bauer@web.de

Name: **Linda Vath**  
Geburtsdatum: 19.04.1988  
Schule: Walter- Hohmann- Realschule  
Geschwister: Sabrina (12 Jahre )

Hobbys: Lesen, Taekwondo, Freunde  
treffen, Musik hören, Klavier  
spielen  
E-Mail: LindaVath@aol.com

Name: **Marianne Häfner**  
Geburtsdatum: 07. 04. 1988  
Geburtsort: Leonberg  
Schule: Realschule Renningen  
Geschwister: 3 Schwestern (17, 17,18)  
Hobbys: Reiten, Tiere

Name: **Marie-Christin von Wulfen**  
Geburtsdatum: 18.07.1988  
Geburtsort: Münster  
Schule: Quenstedt-Gymnasium  
Geschwister: Jan-Oliver (12)  
Hobbys: Musik hören, Geige & Flöte  
spielen, lesen  
E-mail: vonwulfenmn@aol.com

Name: **Martina Balluff**  
Geburtsdatum: 30.04.88  
Geburtsort: Stuttgart  
Schule: Königin-Olga-Stift  
Geschwister: Michaele (9), Claudia (18)  
Bettina (22)  
Hobbys: Lesen, Musik hören, Sport  
E-Mail: martina.balluff@gmx.de

Name: **Max Kory**  
Geburtsdatum: 17.03.88  
Geburtsort: Heidelberg  
Schule: Hölderlin Gymnasium  
Geschwister: Nora (18)  
Hobbys: Chemie, Sport, Klarinette  
E-Mail: max\_kory@hotmail.de

Name: **Sascha Morlock**  
Geburtsdatum: 01.05.88  
Geburtsort : Pforzheim  
Schule: Lise-Meitner-Gymnasium  
Geschwister: Alena (13)  
Hobbies: fernsehen, lesen, Computer spielen, Waldhorn spielen und ein Aquarium

Name: **Susanne Fay**  
Geburtsdatum: 15.07.88  
Geburtsort: Reutlingen  
Schule: Friedrich-List-Gymnasium  
Geschwister: Viola (11), Stephanie (16)  
Hobbys: Handball, Lesen, Freunde, Gitarre  
E-Mail: susanneyay@web.de

## Wasser

### Gewässertypen

Sascha Morlock

**Grundsätzlich unterscheidet man zwischen Fließgewässern (fließende Gewässer) und Stillgewässern (stehende Gewässer).**

#### **Fließgewässer** (fließende Gewässer)

Fließgewässer lassen sich in drei Abschnitte gliedern:

##### **die Quelle:**

Quellen entspringen überall dort, wo Grundwasser-stauende, lehmige oder tonige Schichten an die Oberfläche treten. Quellen zeichnen sich durch ihre gleichbleibende Temperatur von 6-10°C und ihren geringen Sauerstoff- und Nährstoffgehalt aus.

##### **Bäche und Flüsse:**

Die Grenze zwischen Bach und Fluss ist nicht scharf: Manchmal spricht man ab einer Breite von 5 Metern von einem Fluss. Oft verwendet man auch den Temperaturunterschied von Sommer und Winter zur Bestimmung: Unter 15 oder auch 20°C spricht man von einem Bach; darüber von einem Fluss. In Fließgewässern können nur Lebewesen überleben, die vermeiden können von der Strömung fortgeschwemmt zu werden.

**Stillgewässer** (stehende Gewässer)

Es gibt vier verschiedene Stillgewässertypen:

**Tümpel:**

Tümpel sind temporäre oder periodische Gewässer, d.h. sie bestehen nur wenige Wochen oder Monate. Ihre Tages- und Nachttemperaturen unterscheiden sich sehr stark, ihr Nährstoff- und ihr Salzgehalt ist häufig sehr hoch.

**Weiher und Teiche:**

Weiher und Teiche sind Dauergewässer. Während Weiher auf natürliche Art und Weise entstanden sind, wurden Teiche vom Menschen künstlich angelegt. Weiher und Teiche zeichnen sich durch ihre geringe Tiefe von unter 2 Metern aus. Daher dringt Licht bis zum Gewässergrund, was zur Folge hat, dass ihr gesamter Boden von Wasserpflanzen bewachsen ist. Daher liegt der Sauerstoff-Sättigungswert tagsüber meist über 100%, während nachts hingegen durch die vielen Lebewesen der Sauerstoffwert extrem stark abnimmt. Das Wasser dieser Gewässer ist im Sommer relativ warm und nährstoffreich.

**Seen:**

Genau genommen müsste man auch bei Seen zwischen natürlichen und künstlich angelegten unterscheiden, was jedoch aufgrund ähnlicher Eigenschaften unnötig ist. Der Gewässergrund ist in der Mitte des Sees pflanzenlos, die

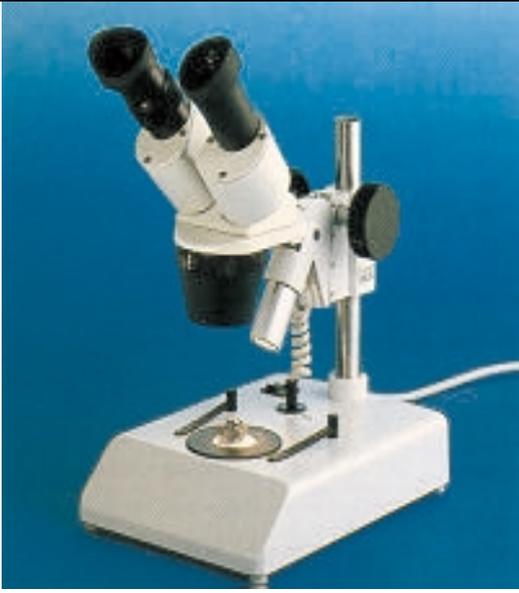
Uferzone ist in ihren Eigenschaften denen der Weiher und Teiche ähnlich. Wegen der Tiefe entstehen unterschiedliche Temperaturschichten, deren unterste ganzjährig 4°C warm ist.

## Geräte zum Bestimmen von Wassertieren

Jana Bauer & Marie-Christin von Wulfen

Wie mit der chemischen Untersuchungsmethode kann man auch mit den Wassertieren die Gewässergüte ermitteln. Diese Methode ist so

genau, weil manche Tiere an ganz bestimmte Bedingungen gebunden sind. Im Gegensatz zu der chemischen Methode kann man mit ihr längerfristige Ergebnisse bekommen, da die Tiere nicht von einer auf die andere Stunde verschwinden.

Das Mikroskop	Die Stereolupe
	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzt eine 20- bis 2000- Fache Vergrößerungsmöglichkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzt nur eine 2fache Vergrößerungsmöglichkeit</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzt zwei Linsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- besitzt eine Linse</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objekt wird durchleuchtet, da das Licht von unten kommt, d.h. es können nur durchsichtige Objekte betrachtet werden.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objekt wird hauptsächlich angeleuchtet (Licht von oben), d.h. es können auch undurchsichtige Objekte betrachtet werden.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- für Plankton geeignet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- für größere Wassertiere geeignet (Egel,...)</li> </ul>

## Fangmethoden

Um die Tiere, die in den Gewässern leben, zu bestimmen, muss man sie erst einmal aus den Flüssen oder Seen herausholen. Dafür gibt es für jeden Gewässertyp spezielle Fangmethoden. Bei Fließgewässern untersucht man als erstes die großen Steine, um dann davon die Tiere mit speziellen Pinzetten, den sogenannten Federstahlpinzetten, abzusammeln. Diese Federstahlpinzetten ermöglichen es die Tiere nicht zu verletzen. Man kann auch mit einem Haushaltssieb den sandigen und schlammigen Boden durchsieben und die Tiere, die man fängt, wiederum mit den Pinzetten herausholen.

In stehenden Gewässern werden die gleichen Methoden angewandt, falls große Steine vorhanden sind. Sonst benutzt man Planktonnetze, um schwebende Organismen zu erhalten.

Wichtig ist aber, dass man alle Tiere, die an der Stelle der Probeentnahme vorhanden sind, in einem bestimmten Zeitraum eingefangen werden. Sonst kann es zu ungenauen Ergebnissen kommen.



### **Wasserkäfer:**

Heutzutage ist man sich fast sicher, dass die Schwimmkäfer von laufkäfer-ähnlichen Vorfahren abstammen. In Mitteleuropa leben ungefähr 150 Arten in den stehenden und fließenden Gewässern. Der Körper ist sehr an das Wasser angepasst, da er sehr abgeflacht ist. Zum Luftholen hängen sich die Wasserkäfer mit ihrem

Hinterleib und den Hinterbeinen an die Wasseroberfläche. Wenn sie dann die letzten Hinterleibringe nach unten biegen, entsteht ein Spalt durch den sie frische Luft aufnehmen.

Alle Wasserkäfer leben räuberisch und ernähren sich von kleinen Wassertieren. Diese packen die Wasserkäfer mit ihren Vorderbeinen und zerkleinern sie mit ihren Mundwerkzeugen. Die größten Arten werden sogar für Lurche und Jungfische gefährlich. Es gibt für die Fortpflanzung wegen der vielen verschiedenen Arten keine bestimmte Zeit, allerdings liegt sie meistens zwischen Frühjahr und Herbst. Man kennt 3 verschiedene Typen der Eiablage. Manche Arten legen ihre Eier auf der Oberfläche von der Wasserpflanzen ab, andere bohren sie in Pflanzenteile dicht über der Wasseroberfläche ein. Die 3. Gruppe bringt ihre Eier zu feuchten Verstecken außerhalb des Wassers, wie z.B. Baumstümpfen. Die Larven sind sehr gefräßig. Sie durchbohren ihre Beute mit der spitzen Oberkieferzange. Dabei fließt eine gelbbraune Flüssigkeit in das Opfer. Diese Flüssigkeit lähmt und tötet das Tier in wenigen Minuten. Die kriechenden Larven leben hauptsächlich in Kleingewässern, Tümpeln und Bächen. Außerdem können sie nur schlecht schwimmen. Die größten Arten der Wasserkäfer können bis zu fünf Jahre alt werden.

# Kurs 5: Der Natur über die Schulter geschaut

## Steinfliegenlarve und Eintagsfliegenlarve:

Unterschied zwischen Eintagsfliegen- und Steinfliegenlarve:

Larven mit drei Schwanzfäden am hintersten Segment sind Eintagsfliegenlarven.

Larven mit zwei Schwanzfäden am hintersten Segment sind Steinfliegenlarven.

### Steinfliegenlarve:



Aussehen:

2 Schwanzfäden, lange Antennen

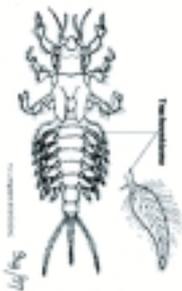
Vorkommen:

leben in Fließgewässern unter Steinen, ca. 1600 Arten in der gemäßigten Zone, davon 100 in Deutschland

Sonstiges:

ernähren sich teils räuberisch, teils von Pflanzen und organischem Material

### Eintagsfliegenlarve:



Aussehen:

in Fließgewässern Europas, selten in Seen

Vorkommen:

ernähren sich von Algen und organischem Material, atmen mit ihren Tracheenkiemen

Sonstiges:

3 Schwanzfäden, Tracheenkiemen an den Hinterleibsegmenten



### Flohkrebse

Die Heimat der Flohkrebse ist das Meer. Die wichtigste Gattung im Süßwasser ist die Gattung der Gammariden, die fast alle Gewässer-typen besiedeln. Allerdings darf der Sauerstoff- und Kalkgehalt nicht zu gering sein. Meistens sieht man die Tiere in Seitenlage auf dem Boden. Hauptsächlich ernähren sie sich von lebenden oder verwesenden Pflanzen. Die Weibchen können in ihrem Leben 5-10mal trächtig werden. Die Anzahl der Eier hängt von Alter und Gesundheitszustand ab. Die Jungen, die aus den Eiern schlüpfen, sind bereits fast völlig entwickelt. Die Flohkrebse sind auch eine wichtige Forellennahrung.



### Köcherfliegen

Es gibt insgesamt 6500 Arten von Köcherfliegen. In Europa leben davon ungefähr 900 und ca. 300 in Mitteleuropa. Die Larven der Köcherfliege leben fast ausschließlich im Wasser. Sie kommen in fließenden und stehenden Gewässern aller Art vor. Allerdings gibt es Arten, die bestimmte Gewässertypen bevorzugen oder sich nur auf diese beschränken. Die Larven haben 5-7 Larvenstadien und leben meist in Köchern. Bei der Verpuppung wird entweder ein neuer Köcher hergestellt oder der alte wird umgebaut. Die Puppenzeit dauert einige Tage bis Wochen. Kurz nach der Imaginalhäutung findet meist die Paarung statt. Die Eier der Köcherfliege sind leuchtend gelb oder grün und rund oder oval. Sie werden am Ufer abgelegt, damit die Larven sofort ins Wasser können. Bei manchen

Arten werden die Eier von den Weibchen sogar direkt ins Wasser geworfen. Von den in Deutschland ursprünglich vorkommenden 278 Arten sind jetzt 19 verschollen oder ausgestorben und ca. 130 Arten gefährdet, d. h. es stehen mehr als 50% der Arten auf der „Roten Liste“. Gründe dafür sind Gewässerversauerung und Entwässerung. Besonders bedroht sind auch die Arten, deren Larven in Mooren oder Sümpfen leben.



### Wasserschnecken

Die Schnecken kommen sowohl im Meer als auch im Süßwasser und an Land vor. Kennzeichen ist meist die gewundene Schale, die aber auch fehlen kann. In Deutschland sind etwa 58 süßwasserbewohnende Arten verbreitet. Von denen sind 36 Arten auf der „Roten Liste“ vertreten.

Die Schnecken, die im Süßwasser leben, gehören zu 2 verschiedenen Gruppen, den Prosobranchiata (Vorderkiemer) und den Basommatophora (Süßwasserlungenschnecken).

Zum Fortbewegen gleiten die Schnecken auf einer Schleimspur, die vom Fuß abgesondert wird. Außerdem besitzen sie eine Raspelzunge, die viele kleine, erneuerbare Zähne besitzt. Damit können sie Pflanzen raspeln. Das auffälligste Kennzeichen ist aber das Gehäuse, an dem viele Arten bestimmt werden können. Allerdings ist die Form und die Farbe von den Umweltbedingungen abhängig.

## Die Egel, Wenigborster und Strudelwürmer

Zu den **Wenigborstern** gehören wasserbewohnenden Würmern, z. B. der Brunnenwurm, Tubifex. Körperanhänge (Parapodien) und Behorung sind stark reduziert, Kopf und Sinnesorgane nicht sehr ausgeprägt. Sie sind verwandt mit den Egel, mit denen sie die Gruppe der Clitellaten bilden, und stehen durch Übergangsformen (Borsteneigel) miteinander in Verbindung.

**Strudelwürmer** sind eine frei lebende Klasse der Plattwürmer mit rund 3000 Arten, die sich ähnlich Schnecken kriechend fortbewegen, kleinere Arten auch durch die Bauchbewimperung. Strudelwürmer können auch schwimmen und sind oft bunt gefärbt.

Der **Egel** lässt sich am Besten an Hand seiner Augen genauer bestimmen. Er ernährt sich hauptsächlich von kleinen Tieren im Wasser, die er mit seinem Saugnapf aussaugt oder vollständig verspeist. Man findet in meist in seichten Gewässern, in denen er genug Material (Steine, Wurzeln, Pflanzen, ...) zum festsaugen findet, um nicht von der Strömung mitgerissen zu werden.



Schlammröhrenwurm  
(Wenigborster)



Schüler beim Mikroskopieren



Vielaugenstrudelwurm



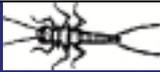
Rollegel

## Wassergüte

### Was ist das?

Mit der Wassergüte wird bestimmt, wie stark ein Gewässer verschmutzt ist. Es gibt bestimmte Tabellen, in denen Wassertiere in ihre

Gewässergüteklassen eingeteilt sind. Anhand der erfassten Tiere lässt sich die Gewässergüte erkennen.

Gewässergüteklasse 1					
	Vielaugenstrudelwurm	Steinfliegenlarve	flache und runde Eintagsfliegenlarve	Köcherfliegenlarve	Köcherfliegenlarve
Gewässergüteklasse 2					
	großer Schneckenegel	Flohkrebs	Spitzschlammschnecke		
Gewässergüteklasse 3					
	Rollegel	Waffenfliegenlarve	Wasserassel		
Gewässergüteklasse 4					
	Schlammröhrenwurm	rote Zuckermückenlarve	Rattenschwanzlarve		

## **Berechnung der biologischen Wassergüte mit Hilfe des Saprobienindex**

Sascha Morlock

Der Saprobienindex (Kürzel: „S“) und die Gewichtung (Kürzel: „I“) stehen meist rechts oben in den Bestimmungsbüchern.

Da die Tiere unterschiedlich stark an ihren Lebensraum gebunden sind, stehen diese Angaben nicht bei allen Tieren. Die Gewichtung ist umso größer, je begrenzter ihr Lebensraum ist (Skala:2-4-8-16). Die Häufigkeit (Kürzel: „H“) wird ermittelt, indem man ca. 15 min. alle Tiere aus einer bestimmten Stelle am Bach einsammelt, die man finden kann. Wenn man nur 1-2 Tiere einer Art findet wird es als Einzelfund gewertet und bekommt die Häufigkeitsstufe 1. Bei 3-10 Tieren trägt man 2, bei 11-30 Tieren 3, 31-100 4 und bei über 100 Tieren die 5 als Häufigkeit ein.

Die biologische Gewässergüte, der Saprobienindex, wird bestimmt, indem man zunächst I mit H (die Gewichtung mit der Häufigkeit) und dann S mit I und H (den Saprobienindex mit der Gewichtung und der Häufigkeit) multipliziert.

Jetzt rechnet man (wie in den Tabellen unten gezeigt) die Summe aus. Die jetzt erhaltenen Zahlen werden in die Formel (Summe(SxHxI): Summe(HxI))eingesetzt. Als Ergebnis erhält man die biologische Wassergüte.

Sie ist eine Langzeitstudie mit deren Hilfe man die Gewässerverschmutzung über einen längeren Zeitraum erfassen kann (vgl. chemische Wassergüte / Momentaufnahme).

### **Hier sind die verschiedenen Güteklassen im Überblick zu sehen**

#### **Güteklasse I:**

- Quellgebiete (klar & nährstoffarm)
- kein Faulschlamm (wenn Schlamm vorhanden – mineralisch)
- mäßig dichte Besiedlung vieler Arten
- Laichmöglichkeiten für Edelfische

#### **Güteklasse I – II:**

- gering belastete Oberflusläufe
- klar und nährstoffhaltig
- dichte Besiedlung durch Algen, Moose usw.

#### **Güteklasse II:**

- Gewässerstrecken mit mäßiger Verunreinigung durch organische Stoffe und deren Abbaustoffen
- zeitweise Wassertrübung (aber keine Faulschlamm-Bildung)
- ertragreiche Fischgewässer
- dichte Algenbesiedlung
- Artendichte nimmt ab

#### **Güteklasse II – III:**

- Gewässer mit starker Belastung mit organischen Stoffen (dadurch leichte Trübung)

- örtliche Faulschlammabildung
- keine Edelfische mehr
- noch ertragreiche Fischbestände
- Artendichte nimmt ab
- spezialisierte Arten massenweise vorhanden

#### **Güteklasse III:**

- Gewässer ist durch Abwassereinleitungen getrübt
- Grund ist durch Eisensulfid geschwärzt
- (- viel Phosphat im Wasser)
- örtlich Faulschlammablagerung
- periodisches Fischsterben durch Sauerstoffmangel
- wenig Artenreich
- Massenentwicklung von Spezialisten

#### **Güteklasse III – IV:**

- Gewässer ist durch Abwassereinleitungen ständig getrübt
- Grund ist mit Faulschlamm überzogen
- Besiedlung durch Mikroorganismen

#### **Güteklasse IV:**

- Gewässer ist durch Abwassereinleitungen stark getrübt
- Gewässergrund mit Faulschlamm überzogen
- Schwefel-Wasserstoffgeruch tritt ein (riecht nach faulen Eiern)
- Fische fehlen
- Besiedlung nur durch Bakterien

**Natürlich haben wir selbst auch einige Gewässer untersucht:**

**Die Seckach in Zimmern**

<b>Art</b>	<b>Saprobienindex</b>	<b>Häufigkeit</b>	<b>Gewichtung</b>	<b>H x l</b>	<b>S x H x l</b>
Potamophylax cingulatus	/	/	/	/	/
Limnephilus lunatus	/	/	/	/	/
Odontocerum albicorne	1,4	1	4	4	5,6
Ancylus fluviatilis (Flussnapfschnecke)	2	2	4	8	16
Erpobdella octoculata (Rollegel)	2,7	2	4	8	21,6
Glossiphonia heteroclita (Kleiner Schneckenegel)	2,5	1	4	4	10
Glossiphonia complanata (Großer Schneckenegel)	2,2	1	8	8	17,6
Tipula sp. (Kohlschnake)	/	/	/	/	/
Ateris ibis (Ibisfliegenlarve)	/	/	/	/	/
Radix ovata (gewöhnl. Schlamm Schnecke)	2,3	3	4	12	27,6
Nemoura sp.	/	/	/	/	/
Gammarus pulex (Gewöhnlicher Flohkrebs)	2,1	1	4	4	8,4
Rhyacophila sp.	/	/	/	/	/
<b>Summe</b>	<b>15,2</b>	<b>11</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>106,8</b>
<b><u>Berechnung (Formel):</u></b>	<b><u>Summe(SxHxl)</u></b>	<b><u>106,8</u></b>	<b><u>2,225</u></b>		
	<b><u>Summe(Hxl)</u></b>	<b><u>48</u></b>			

## Der Oberlauf des Rinschbachs

Art	Saprobienindex	Häufigkeit	Gewichtung	H x I	S x H x I
Planorbis planorbis (Gewöhnliche Tellerschnecke)	/	/	/	/	/
Lymnaea auricularia (Ohrschlammschnecke)	/	/	/	/	/
Ephemera danica (Dänische Eintagsfliege)	1,8	2	8	16	28,8
Centroptilum luteolum	1,9	2	4	8	15,2
Dugesia gonocephala (Dreieckskopf-Strudelwurm)	1,6	1	8	8	12,8
Dendrocoelum lacteum (Milchweiße Planarie)	2,2	2	8	16	35,2
Hydropsyche contubernalis (Wassergeistchen)	/	/	/	/	/
Drusus annulatus	/	/	/	/	/
Sericostoma personatum (Masken-Köcherfliege)	1,5	3	8	24	36
Scarodytes halensis	/	/	/	/	/
Coelambus impressopunctatus	/	/	/	/	/
Hygrotus inaequalis	/	/	/	/	/
Gammarus pulex (Gewöhnlicher Flohkrebs)	2,1	2	4	8	16,8
Ateris ibis (Ibisfliegenlarve)	/	/	/	/	/
Tubifex tubifex (Schlammröhrenwurm)	3,5	1	4	4	14
<b>Summe</b>		<b>13</b>	<b>44</b>	<b>84</b>	<b>158,8</b>
<b><u>Berechnung (Formel):</u></b>		<b><u>Summe(SxHxI)</u></b>	<b><u>158,8</u></b>		
		<b><u>Summe(HxI)</u></b>	<b><u>84</u></b>		
			<b>1,89</b>		

## Der Unterlauf des Rinschbachs

Art	Saprobienindex	Häufigkeit	Gewichtung	H x I	S x H x I
Radix ovata (gewöhnl. Schlamm Schnecke)	2,3	3	4	12	27,6
Lebertia lineata (Runnenmilbe)	/	/	/	/	/
Hygrotus inaequalis	/	/	/	/	/
Agabus undulatus (Gelbbinden-Schnellschwimmkäfer)	/	/	/	/	/
Halipus sp. (Wassertreter)	/	/	/	/	/
Gammarus pulex (Gewöhnlicher Flohkrebs)	2,1	2	4	8	16,8
Baetis sp.	/	/	/	/	/
Protonemoura sp. (Sechskiemige Uferfliegen)	/	/	/	/	/
Capnia bifrons	/	/	/	/	/
Perloides microcephala (Kleinköpfiger Uferbold)	1,3	1	8	8	10,4
Siphonoperla torrentium	/	/	/	/	/
Oplodonta viridula (Waffenfliege)	/	/	/	/	/
Tanypus sp. (Zuckmücke)	/	/	/	/	/
Hydropsyche contubernalis (Wassergeistchen)	/	/	/	/	/
Anabolia nervos (Pilzkopf-Köcherfliege)	2	1	8	8	16
Hydra vulgaris (Süßwasserpolyp)	/	/	/	/	/
<b>Summe</b>	<b>7,7</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>36</b>	<b>70,8</b>
<b><u>Berechnung (Formel):</u></b>	<b><u>Summe(SxHxI)</u></b>	<b><u>70,8</u></b>	<b>1,96</b>		
	<b><u>Summe(HxI)</u></b>	<b><u>36</u></b>			

## Plankton des Fischbachsees:

Lateinischer Name	Deutscher Name	Saprobienwert s
<i>Asplanchna brightwelli</i>	Rädertier	2-3
<i>Bosmina longirostris</i>	Blattfußkrebs	2
<i>Coclosphaerium kuetzingianum</i>	Blualge	2
<i>Aphanothece stagnina</i>	kugelige Schleimblualge	1-2
<i>Phacus longicauda</i>	Herzflagellat	2-3
<i>Keratella</i> sp.	Facetten-Rädertier	2
<i>Daphnia longispina</i>	Langdorn-Wasserfloh	2
<i>Navicula radiosa</i>	Weberschiffchen-Kieselalge	2
<i>Gyrosigma attenuatum</i>	Sigma-Kieselalge	1-2
<i>Synedra ulna</i>	Stabkieselalge	2-3
<i>Synedra vaucheriae</i>	Stabkieselalge	2-3
<i>Macrocyclus albidus</i>	Weißer Riesenhipferling	0

Aus den Saprobienwerten ergibt sich eine Gewässergüte von 2.

## Chemische Wasseruntersuchung

Max Kory und Susanne Fay

Die Wassergüte eines Gewässers kann man anhand der Verbindungen die in dem Gewässer enthalten sind, nachweisen. Dies haben wir mit Hilfe

von speziellen Wasseruntersuchungskoffern und der darin enthaltenden Nachweis-Reagenzien durchgeführt. Um die chemische Wassergüte zu bestimmen suchten wir nach man nach folgenden Parametern:

- Sauerstoffgehalt in mg/l
- pH-Wert
- Leitwert in  $\mu\text{S/cm}$
- Ammonium in mg /l
- Nitrit in mg/l
- Nitrat in mg/l
- Gesamthärte in  $^{\circ}\text{dH}$
- Carbonathärte in  $^{\circ}\text{dH}$

## 1. Ammonium

Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) gehört zu einer Atomgruppe, die sich wie Alkalimetalle verhalten, die aber in freier Form nicht bekannt sind.

Ammonium zählt neben Nitrit und Nitrat zu den Verschmutzungsindikatoren des Wassers. Es ist eine Zwischenstufe in der bakteriellen Oxidationsreihe

Proteine Ammonium Nitrit Nitrat.

Schon ein geringer Anteil an Ammonium kann auf unhygienische Zustände hinweisen, da es durch bakterielle Zersetzung von Harnstoff und Proteinen entsteht. Die Anwesenheit von Ammonium zeigt u.a. auf Sickerwässer aus Mülldeponien, Jauche aus der Landwirtschaft, Abschwemmung von Dünger nach starken Regenfällen oder Verwesungsherde von Eiweiß im Erdreich hin.

### Ammonium in Gewässern:

Drei Wege, auf die Ammonium in das Gewässer gelangen kann:

- Zu hohe Düngung oder zum falschen Zeitpunkt
- durch Exkremente menschlichen und tierischen Ursprungs(Gülle)
- durch Regenfälle

### Richt- und Grenzwerte für Ammonium:

- Ins Grundwasser gelangt Ammonium selten, da es davor zu Nitrit oxidiert wird
- Oberflächengewässer: weniger als 0,1 mg/l
- Trinkwasser (Ammon. darf normalerweise nicht im Trinkw. nachweisbar sein):  
Richtzahl: 0,05 mg/l  
Grenzwert: 0,5 mg/l
- tiefe Badeseen: 0,2 mg/l
- Freibäder/ Hallenbäder: 0,1 mg/l

Folgen von zu hohem Ammoniumgehalt in Gewässern:

Im Oberflächenwasser sind zu hohe Ammoniumwerte vor allem für Fische, insbesondere für Forellen, und für Fischlaich lebensgefährlich. Außerdem kann es zu einer erheblichen Belastung des Sauerstoffhaushaltes, wenn nicht gar zu dessen Zusammenbruch führen.

## 2. Nitrit

### Vorkommen:

Nitrit  $\text{NO}_2^-$  kann in geringer Konzentration im Oberflächenwasser vorkommen. Relativ häufig kommt es in industriellen Abwässern vor (Galvaniken, Beizereien, Härtereien). Von den in Wässern durch den Abbau lebender Materie entstehenden Stickstoffverbindungen stellt Nitrit eine Übergangsstufe dar, eine vergleichsweise giftige Zwischenstufe in der bakteriellen Oxidationsreihe.

Proteine → Ammonium → Nitrit → Nitrat.

Nitrit ist dementsprechend ein Indikator für eine noch nicht abgeschlossene Nitrifikation. Nitrite sind auch in von Pökelsalzen behandelten Stoffen zu finden.

Der Nitritgehalt ist wichtigster Indikator für frische fäkale Verunreinigung.

### Nitritwerte in Fließ- und Stehgewässern:

- Durch industrielle und kommunale Abwässer belastete Flüsse enthalten oft bis zu 1 mg/l Nitrit.

In besonderen Fällen können auch nicht verschmutzte Gewässer relativ hohe Nitritgehalte aufweisen:

- Moorwässer enthalten oft 0,1-1 mg/l Nitrit,
- Gewitter-/Regenwasser bis 0,3 mg/l Nitrit

⇒ Nitritgehalte im Grundwasser weisen auf Verrottungs- und Verwesungsherde im Boden hin

(Sickergruben etc.). Wird Nitrit in einem Gewässer nachgewiesen, so ist an erster Stelle an eine fäkale Verunreinigung zu denken.

### Nitrit im Trinkwasser

Nitrit sollte im Trinkwasser nicht nachweisbar sein. Der Grenzwert liegt bei 0,1 mg/l.

### Wirkungen von Nitrit

Nitrite werden einerseits durch die Nahrung aufgenommen, andererseits entsteht es durch die Reduktion von Nitraten. Diese Reaktion, die in der Mundhöhle abläuft, ist bei Säuglingen und Kleinkindern weitgehend unbedeutend, bei zunehmendem Alter erhöht sich die im Speichel sich bildende Nitritmenge deutlich. Durch Nahrung aufgenommenes Nitrit ist aber für Säuglinge ebenfalls sehr gefährlich. Neben der Gen verändernden Wirkung der Nitrite ist noch deren krebserregende Wirkung von großer, toxischer Bedeutung.

**Weitere Giftwirkungen von Nitrit:**

- in saurem Milieu(im Darm und Magen): Nitrite reagieren mit sekundären Aminen zu Nitrosaminen, die äußerst krebs-erregend sind
- starkes Zellgift, das u.a. den Sauerstofftransport im Blut behindert. Dies ist vor allem bei Kleinkindern gefährlich, da es bei ihnen zur „Blausucht“ (Methämoglobinämie) führen kann
- starkes Fischgift

**3.Nitrat****Herkunft:**

- Stickstoffumsetzung im Boden und in Gewässern: nitrifizierende Bakterien oxidieren das Ammonium über Nitrit zu Nitrat
- künstliche Stickstoffdüngung
- in industriellen Abwässern
- als Endprodukt von Verbrennungsvorgängen (z.B. Stickstoffoxide in den Abgasen von Kraftfahrzeugen)

Nitrat kann im Trinkwasser, Oberflächenwasser sowie in Nahrungsmitteln, besonders in Gemüse, vorkommen. Erhöhte Nitratkonzentrationen werden meist durch übermäßiges oder Düngen „zur falschen Zeit“ verursacht. Aber auch organische Substanzen wie Laub, Gras, Stroh, Mist, Humus und Jauche setzen Nitrat frei.

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ist das Salz der Salpetersäure, welches als Hauptstickstoffquelle der Pflanzen im Boden und im Wasser über die Wurzeln aufgenommen wird. Der Grundbaustein Stickstoff kommt in allen Organismen vor, als Baustein der Aminosäuren, der Proteine und der Nucleinsäuren. Abgestorbene Pflanzen und Tiere geben ihren Stickstoff in Form von Nitrat wieder an den Boden oder das Wasser zurück. Für die Bakterien, die diese Abbauvorgänge leisten, ist der Stickstoff ebenfalls lebensnotwendig. Nitrat ist in bestimmten Regionen zum Problemstoff geworden, weil das Trinkwasser mit erhöhten Nitratkonzentrationen direkt genutzt wird oder weil das mobile Nitrat über die Gewässer oder den Boden die unterirdischen Trinkwasservorräte anreichert.

**Nitrat im Boden**

Pflanzen brauchen zum Gedeihen Stickstoff in Form von Nitrat, das sie in pflanzliches Eiweiß umwandeln. Durch das Ernten und Wegbringen der Pflanzen geht dem Boden immer mehr Stickstoff verloren und so muss er vom Bauer durch Dünger ersetzt werden. Die Stickstoffdüngung bekommt besondere Bedeutung, denn durch eine optimale Stickstoffversorgung der Pflanze erhält man nicht eine Ertragssteigerung und eine Sicherung der Ernte, sondern solch eine Versorgung ist auch für die Qualität der landwirtschaftlichen Produkte von Bedeutung.

### Folgen übermäßiger Nitratdüngung:

- Pflanzen nehmen mit Nitrat gleichzeitig mehr Wasser auf, werden größer, schwerer und verlieren teilweise an Aroma- und Mineralstoffgehalt.
- Sonne fördert den Umbau von Nitrat zu Eiweiß in der Pflanze. Durch die kürzere Tageslichtlänge im Winter erhöht sich also die Nitratkonzentration in der Pflanze. Das trifft noch vermehrt auf Gewächs- oder Unterfoliengemüse zu.
- Anfälligkeit der Nutzpflanzen gegenüber Krankheiten und Schädlingen wird erhöht, so dass übermäßige Pflanzenschutzmaßnahmen nötig werden.

### Nitrat im Trinkwasser

Die seit Oktober 1986 gültige Trinkwasserverordnung schreibt einen höchstzulässigen Nitratgehalt von 50 mg/l im Trinkwasser vor. Als EG-Richtzahl werden 25 mg/l Nitrat vorgegeben. In Gewässern werden natürliche Nitratgehalte bis 10 mg/l in Abhängigkeit von jahreszeitlichen Schwankungen gefunden.

### Gründe für Nitratvorkommen im Grundwasser:

- Zu hohe Düngung, oder zum falschen Zeitpunkt hoher Anteil an organischer Düngung  
→ Nitratversickerung
- Massentierhaltung bei geringer Landfläche für den anfallenden Wirtschaftsdünger
- Intensiver Sonderkulturen- und Gemüseanbau

- Böden mit schwachem oder fehlendem Pflanzenbestand
- Bei leichten und durchlässigen Böden
- Winter-Gülle führt zu Nitratkonzentrationen

Die Abhängigkeit zwischen dem Nitratgehalt und der Nutzungsart der entsprechenden Geländeoberfläche ist durch Untersuchungen wissenschaftlich nachgewiesen.

Geländeoberfläche	Nitratkonzentration
Waldböden	5 mg/l
Gras- und Weideland	10 mg/l
Weinbau- und Hopfenanbauggebiete	> 40 mg/l

### Nitrat im menschlichen Körper

Aus dem Trinkwasser stammen im Durchschnitt ca. 30% des vom Erwachsenen täglich aufgenommenen Nitrats; die restlichen 70% werden hauptsächlich über pflanzliche Lebensmittel zugeführt. Bei Säuglingen kann die trinkwasserbedingte Nitratzufuhr allerdings bis zu 100% betragen.

Im Speichel und im Magen wird das Nitrat durch Bakterien in Nitrit umgewandelt. Durch die Magensäure können daraus Nitrosamine gebildet werden, die im Verdacht stehen, sowohl krebsauslösend zu wirken, als auch die Erbanlagen zu beeinträchtigen (vgl. Nitrit).

Derzeit liegt die tägliche Aufnahmemenge an Nitrat bei 3,65 mg / kg Körpergewicht. Daher sollten

Personen mit geringem Körpergewicht (z.B. Kinder und Senioren) besonders vorsichtig sein.

### **Giftwirkung von Nitrat**

Nitrat ist nicht bedenklich, jedoch ist es Indikator für die Belastung mit organischen Abfallstoffen sowie für deren Abbau. Nitrat wird im Verlauf der menschlichen Verdauung in den oberen Darmabschnitten resorbiert, da sich dort aber normalerweise keine oder nur sehr wenige nitratreduzierende Bakterien befinden, ist eine leichte Vergiftung zu verzeichnen. Jedoch führen 8–10 g Nitrat, oral verabreicht, bei Erwachsenen zu schweren Vergiftungserscheinungen Übelkeit, Erbrechen und blutiger Stuhlgang. Trinkwasser mit einer Nitratkonzentration von 30–50 mg/l kann bei Säuglingen eine Blausucht, also einen Sauerstoffmangel der Zellen, auslösen. Nitrate können durch Reduktion im Darm zu Nitrit umgesetzt werden. Diese Reaktion ist meist bakteriell bedingt und es kann zu Schädigungen kommen.

*(vgl. Nitrit)*

## **4. Wasserhärte**

### **Gesamthärte**

Unter Gesamthärte versteht man die Summe der Einzelhärten an Calcium-, Magnesium-, Strontium- und Bariumionen berechnet als Calciumoxid pro Liter. Als Kenngröße hat sich die Bezeichnung "Deutscher Grad" (1 d = 10 mg Calciumoxid pro Liter) eingebürgert. Hartes Wasser führt zu hohem Seifenverbrauch, zu Gewebeschädigung durch

Ablagerungen, zu Kesselstein an Wasserheizspiralen, in Boilern etc. Vermutet wird ein Zusammenhang zu Herz-Kreislauf-Krankheiten (höhere Sterblichkeit bei weichem Wasser als bei hartem Wasser). Wassereenthärter tauschen alle härtebildenden Ionen gegen Natrium aus, die fehlenden Ionen ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ) müssen dann durch die Nahrung oder Tabletten ausgeglichen werden. Ideal nach heutigen Erkenntnissen ist eine mittlere Härte von 8 -18 d.



Photometrische Bestimmung des Nitratgehaltes einer Wasserprobe

### **Carbonathärte**

Unter Carbonathärte versteht man die Einzelhärte von Calcium berechnet als Calciumoxid. Die Differenz zwischen Gesamthärte und Carbonathärte zeigt die restliche Menge an Magnesium, Strontium

und Barium an. Beim Kochen setzt sich der vorher gelöste Kalk ab. Dadurch wird das Wasser weicher.

## 5. Phosphat

Phosphat ist ein Pflanzennährstoff und stellt in Gewässern häufig limitierende Wachstumsfaktoren dar. So begünstigt Phosphat eine starke Vermehrung der Algen und anderer Stoffe. Abgestorbene Pflanzen sinken auf den Boden und werden unter Sauerstoffverbrauch abgebaut. Der Sauerstoff ist in tieferen Schichten schnell verbraucht, daher haben Fische und Wassertiere keine Lebensgrundlage mehr. Das Gewässer kippt um. Der normale Abbau von Schadstoffen mit Hilfe von Sauerstoff ist nicht mehr möglich. Es werden anaerob arbeitende Bakterien tätig, Fäulnisprozesse gewinnen die Oberhand und machen den Boden des Gewässers zu einer übel riechenden Region. Hauptquellen für Phosphate sind häusliche Abwässer und die Landwirtschaft (Dünger). Phosphate sind vorzügliche Wasserenthärter. Sie binden die Härtebildner Calcium- und Magnesiumionen und verhindern so Kalkablagerungen.

### Verwendung von Phosphat

Ca. 90% an Phosphat entfällt auf die Landwirtschaft, etwa 88% Phosphor-Dünger und 2% als Futtermittelzusatz. 6% des Weltverbrauchs wird als Zusatz zu Wasch- und Reinigungsmitteln verwendet. In vielen Staaten Mitteleuropas ist der Einsatz Phosphat haltiger Waschmittel gesetzlich eingeschränkt bzw. durch freiwillige Maßnahmen der Wasch-Industrie heute nicht mehr von

Bedeutung. In der Lebensmittelindustrie werden Phosphate wegen ihrer dispergierenden Wirkung vielseitig verwendet. Schmelzkäsen werden zum Beispiel Phosphate als Schmelzsalze zugesetzt, in Fleischwaren erhöhen Poly-Phosphate das Wasserbindungsvermögen und in Getränken wirken sie als Geschmacksverstärker.

### Phosphat im Trinkwasser

Während Phosphat in den Oberflächengewässern einer der größten Problemfaktoren ist, spielt es im Trinkwasser eine untergeordnete Rolle. Lediglich für den Zusatz von Phosphat in der Trinkwasser-Aufbereitungsverordnung ist eine maximale Zugabe von 6,7 mg/l festgesetzt, da zu viel Phosphat im Wasser den Wasserrohren schadet.

Richtwert: 0,4 mg/l (1980)

Grenzwert: 5,0 mg/l (1980)

Grenzwert für Trinkwasser-Aufbereitungsverordnung: 6,7 mg/l (1993)

Phosphat im Trinkwasser



Nasschemische Untersuchung im Labor

## 6.pH-Wert

**pH-Wert** (pouvoir Hydrogène)

Der pH-Wert gibt den Säuregrad eines Gewässers an, der durch die Konzentration der Hydroxoniumionen ( $H_3O^+$  Ionen) bestimmt wird.

Innerhalb einer Skala von 1-14 kennzeichnet pH 7 den Neutralpunkt und ist auf der Farbskala des Universalindikators grün. Die saure Lösung hat einen pH-Wert der kleiner als 7 und rot ist. Wenn der pH-Wert größer als 7 ist, ist es eine alkalische Lösung und blau. Die Skala ist so abgestuft, dass pro Wert die Säurestärke um den Faktor 10 zunimmt. Eine Säure mit dem pH-Wert 3 ist zehnmal so stark wie eine Säure mit dem pH-Wert 4! Ob die Lösung sauer, alkalisch oder neutral ist, kann mit pH-Papier bestimmt werden, das sich in

die jeweilige Farbe verfärbt. Mit pH-Elektroden ist der Wert jedoch genauer und zuverlässiger.

Der pH-Wert ist einerseits von der pflanzlichen Produktion, andererseits von den eingeleiteten Abwässern abhängig.

Am Tag nehmen Pflanzen  $CO_2$  aus dem Wasser auf.  $CO_2$  bildet zusammen mit Wasser eine schwache Säure. Entsprechend steigt der pH-Wert. Analog dazu fällt er in der Nacht. Man muss darauf achten, dass industrielle Abwässer hinreichend neutralisiert sind, denn sie können neben der Schädigung durch die eingeleiteten Stoffe selbst auch durch eine pH-Wertänderung das ökologische Gleichgewicht stören. So kann aufgrund eines pH-abhängigen Gleichgewichtes, die Erhöhung des pH-Wertes eine starke Bildung von Ammoniak aus Ammonium-Ionen herbeirufen. Bei pH 7 liegen zu 99% Ammonium-Ionen vor, aber bei pH 10 schon 80% giftiges Ammoniak und nur 20% ungiftiges Ammonium. Das Ammonium-Ion gelangt als Abbauprodukt eiweißhaltiger Abwässer in die Flüsse.

Ammoniak ist ein starkes Fischgift. Der pH-Wert beeinflusst sowohl bei Pflanzen als auch bei Tieren den Stoffwechsel. Sinkt der pH-Wert unter 5,5 oder steigt über 9, so ist kaum noch höheres Leben möglich.



<b>LSZU</b> Adelsheim	<b>Protokoll zur chemischen  Gewässeruntersuchung</b>			
	<b>Probe 1</b>	<b>Probe 2</b>	<b>Probe 3</b>	
Name des Gewässers:	Seckach	Kirnau	Seckach	
Ort der Probenahme:	Adelsheim	Adelsheim	Zimmern	
Datum,Uhrzeit:	28.08.03 11:45 h	28.08.03 11:50 h	28.08.03 11:25 h	
Beschreibung der Probestelle:	Steilufer	Steilufer	Flachufer	
Wasserführung:	gering	gering	sehr gering	
Strömungsgeschwindigkeit:	0,5 m/s	0,6 m/s	0,25 m/s	
Beschaffenheit der Gewässersohle:	steinig	steinig	steinig, schlammig	
Lufttemperatur in ° C:	22°	22°	21°	
Wassertemperatur in ° C:	12,5°	12,5°	13,0°	
Sauerstoffgehalt in mg/l:	11,2	10,9	13,5	
Sauerstoffsättigung in %:	100 %	100 %	100 %	
pH-Wert:	7,7	8	6,5	
Leitwert in µS/cm:	860	698	925	
Ammonium in mg/l:	0	0	0,3	
Nitrit in mg/l:	0,01	0,3	0,1	
Nitrat in mg/l:	10	35	50	
Gesamthärte in °dH:	23°	25°	28,3°	
Carbonathärte in °dH:	16°	19°	18°	
Phosphat in mg/l:	0,5	0,25	0,6	

LSZU Adelsheim	Protokoll zur chemischen Wasseruntersuchung			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	
Name des Gewässers:	Einschbach			
Ort der Probenahme:	Oberlauf am Aquidukt			
Datum, Uhrzeit:	24.08.03, 10.45 Uhr			
Beschreibung der Uferstelle:	Flachufer, 20-30cm tief Ufer bewachsen			
Wasserführung:	gering			
Strömungsgeschwindigkeit:	0,125 $\frac{m}{s}$			
Beschaffenheit der Gewässersohle:	steinig, sandig			
Lufttemperatur in °C:	21,3 °C			
Wassertemperatur in °C:	16,0 °C			
Sauerstoffgehalt in mg/l:	8,2 mg/l			
Sauerstoffsättigung in %:	87 %			
pH-Wert:	8,49			
Leitwert in $\mu S/cm$ :	67 $\mu S/cm$			
Ammonium in mg/l:	0,1 mg/l			
Nitrit in mg/l:	0,01 mg/l			
Nitrat in mg/l:	15 mg/l			
Gesamthärte in °dH:	23 °dH			
Carbonathärte in °dH:	16 °dH			
weitere Parameter:	-----			

LSZU Adelsheim	Protokoll zur chemischen Gewässeruntersuchung			
	Probe 1	Probe 2	Probe 3	
Name des Gewässers:	Fischbachsee			
Ort der Probenahme:				
Datum, Uhrzeit:	31.08.03 11:15 Uhr			
Beschreibung der Probestelle:	künstlich angelegter See ohne Unterwasservegetation			
Wasserführung:	gleichbleibend infolge Stauung			
Sedimentationsgeschwindigkeit:	keine			
Beschaffenheit der Gewässersohle:	schlammig			
Lufttemperatur in °C:	17,2°			
Wassertemperatur in °C:	14,9°			
Sauerstoffgehalt in mg/l:	10,6			
Sauerstoffsättigung in %:	100 %			
pH-Wert:	8,1/ 7,9			
Leitwert in µS/cm:	635			
Ammonium in mg/l:	0			
Nitrit in mg/l:	0,06			
Nitrat in mg/l:	10			
Gesamthärte in °dH:	21,5°			
Carbonathärte in °dH:	16°			
Phosphat in mg/l:	0,3			

## Bodenphysik

Im zweiten Teil unseres Kurses haben wir uns mit dem Thema Boden beschäftigt. Neben der Untersuchung von Bodentieren (biologische Bodenanalyse) erhielten wir auch einen Einblick in die physikalisch-chemischen Phänomene, die die Eigenschaften des Bodens beeinflussen.

Boden wird definiert als der oberste Bereich der festen Erdrinde, der durch Klima, Organismen und den wirtschaftenden Menschen umgestaltet wird. Der Boden hat viele Aufgaben:

- Er gibt Halt
- Er ist Wasserspeicher
- Er ist Nährstoffspeicher

Entscheidend für die Bodenqualität ist der Nährstoffgehalt zusammen mit der **Kationenaustauschkapazität (KAK)**. Wichtig ist, dass alle Nährstoffe in genau der benötigten Konzentration vorliegen. Das heißt, dass der Mangel eines bestimmten Nährstoffes nicht durch ein Zuviel eines anderen Nährstoffes ausgeglichen werden kann. Der am geringsten vorhandene Nährstoff bestimmt also den Ertrag (**Minimumgesetz von LIEBIG**). Unter der KAK versteht man die Fähigkeit von Böden Nährstoffe zu binden und sie wieder kontrolliert abzugeben.

Böden (außer Moorböden) sind Verwitterungsprodukte von Gesteinen. Dadurch, dass lösliche Mineralien durch versickerndes Regenwasser

ausgeschwämmt werden und sich in tieferen Regionen wieder ablagern (zum Beispiel als Kruste um unlösliche Minerale), werden Substanzen im Boden verlagert und es entstehen Schichten (**Horizonte**). Die Abfolge der Horizonte heißt **Bodenprofil**.

Der oberste Horizont (**A-Horizont**) ist gewöhnlich 10–20 cm mächtig. Er weist den höchsten Gehalt an organischer Substanz auf und enthält an anorganischen Verbindungen nur Tonminerale und unlösliche Minerale wie Quarz, da die löslichen Verbindungen in den darunterliegenden **B-Horizont** ausgewaschen wurden und sich dort angereichert haben. Organisches Material ist im B-Horizont selten. Der unterste Horizont (**C-Horizont**) ist das etwas aufgelockerte und angewitterte Ausgangsgestein, das aber durch die Verwitterung noch nicht stark verändert wurde. Das Bodenprofil wird natürlich auch durch andere Faktoren beeinflusst, zum Beispiel durch den Menschen (Bauer, der den Acker umpflügt) oder das Klima (Staubabtragung durch Wind).

Nach einem Crashkurs über die Chemie und Physik des Bodens hatten wir die Gelegenheit, auf einer Baustelle an einem für uns mit einem Bagger angeschnittenen Bodenprofil Proben aus dem A-, B- und C-Horizont zu entnehmen, die wir im Labor in Adelsheim anschließend analysiert haben. Außerdem haben wir Bodenproben mit dem sogenannten Pürckhauer entnommen. Es handelt sich um eine lange Metallröhre, die der Länge nach aufgeschnitten ist. Sie wird mit einem Hammer

senkrecht in den Boden gerammt und wieder herausgezogen. Man kann dann das Bodenprofil betrachten.



Entnahme von Bodenproben

Wir haben unsere Bodenproben auf folgende Parameter hin untersucht:

- Gehalt an organischer Substanz
- prozentuales Verhältnis der Korngrößen (**Bodenart**)
- Porenvolumen
- Bodenatmung

#### Zur Bestimmung der organischen Substanz

mussten wir eine kleine Probe des Bodens (ca. 10 g) zunächst über Nacht im Trockenschrank bei ca. 150 °C vortrocknen und dann genau abwägen. Anschließend wurde die Probe in einem kleinen Porzellantiegel in einem Muffelofen bei ca. 800 °C geglüht. Alle organischen Verbindungen werden dabei in Gase umgewandelt (Wasserdampf,

Kohlenstoffdioxid, Ammoniak u. a.). Da diese Gase zum Teil unangenehm riechen heißt der Muffelofen eben Muffelofen. Nach dem Abkühlen haben wir die Proben nochmals gewogen. Der Glühverlust entspricht dabei dem Gehalt an organischer Substanz. Ein Gehalt von 1–10 % wirkt sich positiv auf wichtige Bodeneigenschaften aus (Erosionshemmung, Nährstoffnachliefervermögen, Wasser- und Wärmehaushalt u. a.).

#### Das prozentuale Verhältnis der Korngrößen

charakterisiert die **Bodenart** (nicht zu verwechseln mit dem **Bodentyp!**). Lehm besteht zum Beispiel aus gleichen Teilen Ton, Schluff und Sand, Klei (entsteht aus Meeresablagerungen, zu finden im Wattenmeer) besteht aus rund 50 % Schluff, ca. 40 % Ton und bis zu 10 % Sand.<sup>1</sup> Um die Bodenart zu bestimmen haben wir die Proben wie bei der Bestimmung der organischen Substanz zunächst getrocknet und dann im Mörser zerkleinert, um Verklebungen zwischen den Bodenteilchen zu lösen; die Bodenteilchen selbst haben wir dabei aber nicht zerstört. Nun mussten wir eine gemörserte Probe genau abwägen. Sie wurde anschließend mit einer Siebmaschine analysiert: Die Probe wurde in einen Satz immer feiner werdender Siebe geschüttet und diese dann auf der Rüttelmaschine geschüttelt, sodass die Teilchen soweit als möglich nach unten fallen. Nach dem Auswiegen der Fraktionen haben wir die Ergebnisse in Prozent umgerechnet. Anhand der Werte konnten

<sup>1</sup> Ton, Schluff, Sand: Diese Bezeichnungen stehen für Korngrößen: Bei Ton sind die Bodenkörner kleiner als 0,002 mm, bei Sand sind sie zwischen 0,063 und 2 mm groß.

wir die Bodenarten unserer Proben bestimmen; in der Bodenkunde werden dabei zahlreiche Zwischenstufen unterschieden, zum Beispiel „schwach lehmiger Sand“, „toniger Lehm“ u. a.

Das **Porenvolumen** im Boden ist wichtig für die Beurteilung des Wärmehaushaltes und der Durchlüftung des Bodens. Die Poren werden zum Beispiel durch Regenwürmer in den Boden gegraben; in ihnen können sich Wurzeln eingraben, wodurch Pflanzen stabil mit dem Boden (**Nährstoffspeicher**) verbunden bleiben und schneller und höher wachsen können. Das Porenvolumen ist deshalb für die Beurteilung von Ackerböden wichtig. Das Problem bei der Messung des Porenvolumens ist, dass durch Ausgraben von Bodenproben das System der Poren vollständig zerstört wird, man aber ungestörte Bodenproben benötigt. Dazu gibt es sogenannte „Stechzylinder“, kleine und flache Stahlzylinder mit einer scharfen Kante, die mit einem Hammer in den zu untersuchenden Horizont gehauen werden. Zur Messung wird eine feldfrische Bodenprobe gewogen. Diese Probe wird anschließend mit Wasser gesättigt, indem die Probe im Stechzylinder in eine kleine Wanne gestellt wird und in diese langsam und vorsichtig Wasser gegossen wird, wiederum um das Porensystem nicht zu zerstören. Die gesättigte Probe wird auch gewogen. Zum Schluss wird die gleiche Probe im Trockenschrank getrocknet und nochmals gewogen. Man kann nun zwei Differenzen bilden: Die Masse der mit Wasser gesättigten Probe minus dieser der getrockneten stellt ein Maß für das Porenvolumen

dar, die Differenz „feldfrisch“ minus „getrocknet“ charakterisiert den **Wassergehalt** des Bodens.

**Bodenatmung** bedeutet die Kohlenstoffdioxid- ( $\text{CO}_2$ -) Produktion aller im Boden lebenden Kleintiere. Das  $\text{CO}_2$  haben wir durch Kalkwasser nachgewiesen: bei Anwesenheit von  $\text{CO}_2$  entsteht eine weiße Trübung. Bei der Messung der Trübung mussten wir improvisieren: Weil unser Spektrometer keine verschiedenen Trübungen direkt messen konnte, haben wir es so eingestellt, als ob wir den Nitratgehalt messen würden. So konnten wir verschiedene Abstufungen der Bodenatmung erkennen.

Neben diesen physikalisch-chemischen Analysen haben wir auch eine **biologische Analyse** durchgeführt: Wir haben mit Regenwürmern den Schwermetallgehalt „gemessen“. Proben, die in wachsendem Abstand von einer Autobahn entnommen worden waren, haben wir in Schalen wie ein Quadrat angeordnet und in die Mitte zwischen die Schalen einige Regenwürmer gegeben. Tatsächlich waren nach einigen Tagen die meisten Regenwürmer in den Bodenproben mit dem geringsten Bleigehalt.

Als Beispiel für unsere Analysen hier einige Messwerte der Bodenproben aus Leibenstadt:

Horizont	A	B	C
<b>Porenvolumen</b>	54,7 %	39,1 %	41,3 %
<b>Organische Substanz</b>	1,1 g	0,7 g	0,4 g
<b>Bodenatmung</b>	17	3	3
<b>Korngrößenanalyse</b>	Sand 60 % Ton 40 %	Kies 2 % Sand 48 % Ton 50 %	Kies 2 % Sand 90 % Ton 8 %

## Bodentiere

Marianne Häfner

### Käfer

#### Kurzdeckenflügler:

Kurzdeckenflügler sind bis zu 20 mm lang und bilden eine der wenigen Großfamilien (ca. 26 000 Arten). Sie sind über die ganze Welt verbreitet und leben auch in kühleren Regionen. Die Flügeldecken sind stark verkürzt und lassen den größten Teil des langgestreckten Hinterleibs unbedeckt. Sowohl die Larven, als auch die Käfer leben räuberisch. Viele der Arten kann nur ein Spezialist unterscheiden.



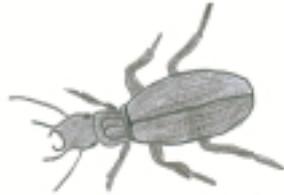
#### Schnellkäfer:

Schnellkäfer werden bis zu 25 mm lang. Die zahlreichen ähnlichen Arten (ca. 8 000) sind länglich, hart und meist bräunlich oder rötlich gefärbt. Wenn sie einmal auf den Rücken gedreht sind, können sie sich mit einem dornartigen Fortsatz an der Vorderbrust selbstständig wieder zurückdrehen. Die Larven sind langgestreckt und sehr fest. Sie leben in faulendem Holz oder nagen an Pflanzenteilen. Die Schnellkäfer sind leider häufig schädlich. Einige der südamerikanischen Arten haben Leuchtorgane.



### Laufkäfer:

Laufkäfer haben eine Körperlänge von 1mm bis 10 cm. Es gibt annähernd 24 500 verschiedene Arten, die in verschiedene Familien eingeteilt sind. Sie sind hauptsächlich in Asien, Europa und Nordamerika beheimatet, kommen aber auch in den anderen Erdteilen vor. Laufkäfer sind sehr verschieden gestaltet, aber gewöhnlich schwarz. Wie der Name schon sagt, sind Laufkäfer gute Läufer und meistens Jäger. Sie ernähren sich aber auch von Pflanzenkost. Die Larve lebt meist räuberisch. In Mitteleuropa gibt es ca. 30 verschiedene Arten.

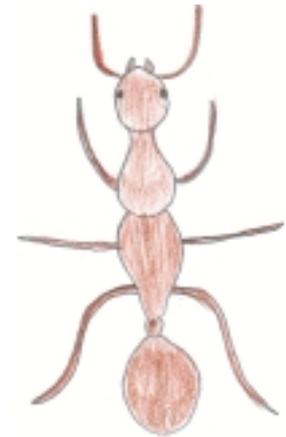


### Ameisen

#### Ameisen ( Formicidae ):

Für sie steht das Gemeinschaftsleben an höchster Stelle. Alle Mitglieder eines Ameisenvolks befinden sich im lebhaften Futterrausch. Die Larven werden mit besonders zubereiteter und mit Drüsenabsonderungen versetzter Nahrung versorgt. Die ursprünglichen Arten nisten in der Erde und nehmen pflanzliche und tierische Nahrung zu sich. Zu einer dieser ursprünglichen Arten gehört auch die hier einheimische Rote Waldameise. Aus diesen Arten haben sich einerseits Ameisen herausgebildet, die teils in moderndem Holz oder in Falllaub, teils in Bäumen nisten und überwiegend als Jäger leben. Manche der Baumbewohner bauen in den Tropen

kunstvolle Kartonnester. Einige wurden richtige Spezialisten im Beutefang. Oft haben sie Klapp-fallenkiefer, die sich über der Beute schließen, wenn sich der Jäger nahe genug herangeschlichen hat.



### Spinnentiere

#### Pseudoskorpion:

Pseudoskorpione zählen zu den Spinnentieren (4 Beinpaare) und werden nur etwa 6 mm lang. Sie werden auch Afterskorpione genannt. Es sind skorpionähnliche Tiere, die allerdings nicht mit dem Skorpion verwandt sind. Dem Pseudoskorpion fehlt z. B. der spitz ausgezogene Schwanz und der Giftstachel. Die Augen sind nur schwach entwickelt oder fehlen ganz. Die Pseudoskorpione sind vielfach Spaltenbewohner, die man in allen Klimazonen findet. Meist leben sie unter loser Baumrinde und Steinen, im Moder der Waldböden, in den Nestern von Kleinsäugetern, Bienenstöcken und sogar in der Gezeitenzone des Küstenbereichs.



Pseudoskorpione sind trotz ihres skorpionähnlichen Aussehens ganz harmlos.

### **Brettkanker (Gattung Trogulus):**

Brettkanter sind eine Unterart des Weberknechts ( Kanker ). Und sind demnach ebenfalls eine Spinne. Sie verbergen sich im Moder oder unter Steinen. Sie werden ca. 22 mm lang ( bei mitteleuropäischen Vertretern nur bis zu 10 mm ). Sie sind Nachttiere, die auf kleine Schnecken Jagd machen.



### **Milben ( Ordnung Acari oder Acarina ):**

Mit rund 10 000 Arten gehören die Milben zu den formreichsten Gruppen der Spinnentiere. Die bei ihnen verwirklichte Vielfalt der Lebensweise und damit zwangsläufig auch die Gestalt wird von keiner anderen Ordnung der Spinnentiere auch nur annähernd erreicht. Allein die Milben haben in ihrer stammesgeschichtlichen Entfaltung echte Schmarotzer sowohl auf Pflanzen als auch Tieren hervorgebracht.

Die Milben haben die für andere Spinnentiere so kennzeichnende räuberische Lebensweise aufgegeben. Viele ernähren sich von toten Tieren und Pflanzen oder von vermoderten Stoffen. Die



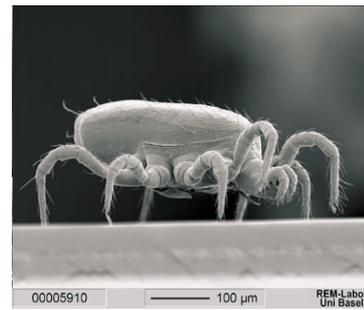
formreichsten Gruppen der Spinnentiere. Die bei ihnen verwirklichte Vielfalt der Lebensweise und damit zwangsläufig auch die Gestalt wird von keiner

anderen Ordnung der Spinnentiere auch nur annähernd erreicht. Allein die Milben haben in ihrer stammesgeschichtlichen Entfaltung echte Schmarotzer sowohl auf Pflanzen als auch Tieren hervorgebracht.

Die Milben haben die für andere Spinnentiere so kennzeichnende räuberische Lebensweise aufgegeben. Viele ernähren sich von toten Tieren und Pflanzen oder von vermoderten Stoffen. Die

Körpergliederung der Milben ist von der anderer

Spinnentiere grundsätzlich verschieden. Bei den Milben folgen nämlich drei Körperabschnitte aufeinander. Die Gestaltung und



Ausformung der Gliedmaßen ist bei jeder einzelnen Milbengruppe nochmals verschieden. In unserem Boden haben wir die Hornmilbe und die Raubmilbe gefunden.

### **Krebstiere**

#### **Asseln:**

Asseln zählen zu den Krebstieren, weil sie sieben Beinpaare haben. Der Landassel begegnet man auf allen Erdteilen, in feuchten Kellern, in trockenen, heißen Wüsten, an Meeresküsten, im Hochgebirge, am Äquator, in der Tundra und in der Steppe des Südens. Sie haben sich an ein Leben außerhalb des Wassers angepasst, bevorzugen aber feuchte Orte. Die Innenäste des Hinterleibs sind Kiemen und müssen deshalb immer von einem Wasserfilm überzogen sein, den die überdeckenden Außenäste vor dem Verdunsten schützt. Den Kiemen wird durch zwei Saugrohre, die sich an den Hinterleibsfüßen und am Brustabschnitt befinden, frisches Wasser zugeführt. Asseln trinken sowohl mit dem Mund als auch mit dem After. Am Tag suchen sie

feuchte, geschützte Orte auf und verlassen sie meist nur in der Feuchte der Nacht. Fast alle Arten ernähren sich von pflanzlichen Abfallstoffen, doch auch von lebenden Pflanzenteilen, wenn sie nur weich und saftig sind. So tragen sie erheblich zum Abbau toter Blätter und zur Humusbildung bei. Die Jungtiere entwickeln sich in einem Brustbeutel am Bauch eines Weibchens.



## Regenwürmer

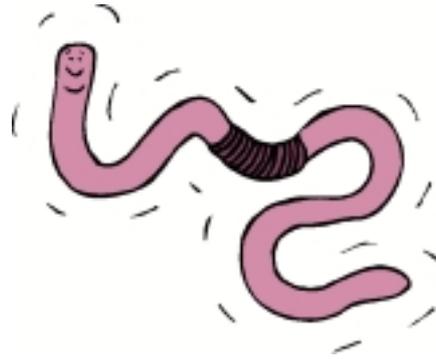
Linda Vath

Gruppe: Articulata (Gliedertiere)  
 Stamm: Annelida (Ringelwürmer)  
 Klasse: Clitellata (Gürtelwürmer)  
 Unterklasse: Oligochaeta (Wenigborster)  
 Ordnung: Opisthopora  
 Familie: Lumbricidae (Regenwürmer)

Die Regenwürmer sind in der nördlich gemäßigten Zone verbreitet. Sie werden 15mm bis 30cm lang und haben 80 bis über 300 Segmente.

Die Familie der Megascolecidae (Australien) werden mit über 300 Segmenten bis über 3m lang und die Familie der Microchaetidae (Südafrika) haben sogar gestreckt eine Länge von 6-7m.

Sie zeichnen sich durch einen langen drehrunden Körper aus, der durch eine Reihe gleichartiger Segmente aufgebaut ist. Im Vorderende befinden sich die Keimdrüsen, von denen jeder Wurm männliche und weibliche besitzt.



In Deutschland gibt es 30-40 Regenwurmart, in Europa über 100 und weltweit über 2000 Arten. Ein Regenwurm legt 6-40 Kokons ab, die eine Brutdauer von etwa 16-65 Tagen haben. Die Wachstumsdauer beträgt etwa 70-200 Tage. Einen ausgewachsenen Regenwurm erkennt man an seinem "Gürtel", den junge Würmer nicht besitzen. Pro Jahr gibt es im Allgemeinen eine Generation. Regenwürmer werden selten älter als 2 Jahre. Im

Labor können sie jedoch ein Alter von 10 Jahren erreichen.

Der Regenwurm bevorzugt pH-Wert 7. Verwendung von Kunstdünger und synthetischem Dünger erhöhen die Salz- und Säurekonzentration des Bodens. Beides schädigt die Würmer mit ihrer empfindlichen Haut und beeinträchtigt das gesamte Bodenleben.

Die Biomasse der Regenwürmer beträgt auf Weideland in Mitteleuropa dem Gewicht der Rinder, die von derselben Fläche ernährt werden können (200kg/ha entspricht 3 Kühen ). Regenwurmkot kann auf solchen Flächen bis 40t/ha jährlich erreichen, das entspricht einer 5mm dicken Lage.

### **Nutzen für den Menschen**

- Bodenverbesserung
- Laubzersetzung
- Indikatororganismus (zeigt Qualität des Bodens an)
- Angelköder
- Tierfutter
- Medizin
- Ernährung (Wormburger in Ostasien)

### **Die wichtigsten Regenwurmart in Deutschland:**

Der **Tau- oder Aalwurm** (*Lumbricus terrestris*) stellt mit 12 bis 30 cm die größten Exemplare. Sein Vorderende ist oft rötlich pigmentiert, während das Hinterende blass bleibt. Er ist häufig in Wiesen, Gärten und

Obstbaumkulturen vertreten. Er kommt nur in den frühen Morgenstunden bei Tau an die Oberfläche, gräbt bis zu 3 m tief und führt den Wurzeln durch die Vermengung von Mineralboden und organischer Masse wichtige Nährstoffe zu.

Der **Gemeine Regen-, Feld- oder Wiesenwurm** (*Allolobophora caliginosa*) bleibt kleiner und kommt nie an die Oberfläche. Er ist in der Farbe gräulich und lebt im Bereich der Pflanzenwurzeln bis zu den oberen Mineralbodenschichten und wird unfreiwillig beim Umspaten der Gärten und Pflügen der Felder zahlreich an die Oberfläche befördert.

Der **Mist- oder Kompostwurm** (*Eisenia foetida*) wird nur 4 bis 14 cm groß und kann ohne ausreichende Mengen organischen Materials nicht überleben. Er ist deshalb nur in Mist- und Komposthaufen und nie im normalen Garten- oder Ackerboden anzutreffen. Diese Art ist gut zu erkennen an ihrer roten bis rosaroten Färbung mit hellen nahezu gelben Ringen. Er wird gerne zur Zucht verwendet für Komposthaufen oder als Angelköder und ist unter dem Namen Tennessee-Wiggler oder Roter Kalifornier über den Handel erhältlich.

Der **Rotwurm** (*Lumbricus rubellus*) ist von durchgehend roter Färbung. Sein Lebensraum ist nahe der Oberfläche unter Blättern und Streu versteckt. Er ist reaktionsschnell

und wird höchstens 12 cm lang. Da er große Mengen organischen Materials frisst und kompostiert, wird er eigentlich noch lieber als *Eisenia foetida* zur Zucht verwendet.

### **Tausendfüßler**

Tausendfüßler besitzen einen dunklen, glänzenden Körper mit einer harten, kalkhaltigen Chitinschale, kauend-beißenden Mundwerkzeugen und sehr kurze Fühler. Tropische Arten werden bis zu 30cm lang, die hier vorkommenden Arten können höchstens 11cm lang werden.

An jedem Körpersegment befinden sich 2 Beinpaare, Die Tausendfüßler besitzen zwischen 30 und 350 Beinpaare, aber niemals tausend. Viele tropische und subtropische Tausendfüßler sind, im Gegensatz zu den in Deutschland vorkommenden Arten giftig. Besonders bemerkenswert ist die auffallende Färbung dieser Tiere.

Ihre Vorfahren lebten im Senur (vor ca. 75 Mio. Jahren ). Damals erreichten sie eine Größe von bis zu 1,80m. Damit sind sie die größten wirbellosen Tiere, die jemals auf der Erde lebten.

### **Lebensweise:**

Tausendfüßler werden höchstens 12 Jahre alt und häuten sich während ihres Lebens öfter. Sie ernähren sich von heruntergefallenen Blättern, seltener von toten Insekten. Tausendfüßler leben in der oberen Fallschicht. Bei Gefahr rollen sie sich

spiralförmig zusammen, sodass die weiche Bauchseite und der Kopf durch die Rückenplatten geschützt sind. Tausendfüßler in den Tropen und Subtropen benutzen ein Gift, das sie bis zu 30cm weit verspritzen können.

### **Wirkung des Giftes:**

Auf der Haut treten Blasen und Rötungen auf, begleitet von Schmerzen und Schwellungen. Bei Augenkontakt kann eine Trübung der Hornhaut bis zu Erblindung erfolgen.

Sie graben sich in den Boden, indem sie ihren Körper mit Gewalt voranschleichen. Die Beine liefern dabei die Schubkraft. So lässt sich die hohe Beinanzahl erklären. Zwei Beinpaare auf einem Körpersegment ergibt die höchstmögliche Beinanzahl bei geringer Körpervelängerung. Tausendfüßler tragen intensiv zur Humusbildung bei.

### **Hundertfüßler**

Im Gegensatz zu Tausendfüßlern leben Hundertfüßler räuberisch. Sie besitzen lange Giftklauen und können sich schnell fortbewegen. Die genaue Anzahl der Beine ist von Art zu Art verschieden.

leben räuberisch und erbeuten auf ihren nächtlichen Streifzügen kleinere Insekten und Spinnen. Sie führen eine versteckte Lebensweise unter Steinen, Laub und in Hohlräumen des lockeren Bodens.

Es gibt etwa 2800 bis 3000 Arten

Hundertfüßer besitzen einen flachen Körperbau und zwischen 15 und 17 Körpersegmente. Die Körperober- und Unterseite ist durch Chitinplatten geschützt, während die Flanke nur aus einer leicht verletzbaren Hautschicht besteht. Jedes Segment besitzt ein Beinpaar, welches viergliedrig in einer "Chitin-Kralle" endet. Das letzte Beinpaar ist stark verlängert und wird auch zur Verteidigung gegen Angreifer eingesetzt.

Hundertfüßer besitzen einen flachen Körperbau und zwischen 15 und 17 Körpersegmente. Die Körperober- und Unterseite ist durch Chitinplatten geschützt, während die Flanke nur aus einer leicht verletzbaren Hautschicht besteht. Jedes Segment besitzt ein Beinpaar, welches viergliedrig in einer "Chitin-Kralle" endet. Das letzte Beinpaar ist stark verlängert und wird auch zur Verteidigung gegen Angreifer eingesetzt.

Die 4 Augen seitlich am Kopf spielen eher eine untergeordnete Rolle, da der Hundertfüßer seine Umgebung vorwiegend mit den Fühlern wahrnimmt.

Die Atmung übernehmen röhrenförmige Einstülpungen der Körperoberfläche (Tracheen), deren Verästelung sich durch den gesamten Körper ziehen und die Organe direkt mit Atemluft versorgen.

In der Färbung dominieren Gelb- und Brauntöne. Auffallend grelle Farben sind eher die Ausnahme. Die Körperlänge variiert je nach Art zwischen 5 und 30 cm, wobei die größten Arten eine Dicke von 2,5

cm erreichen. Das Vorkommen der zu den Hundertfüßern gehörender Ordnung der SKOLOPENDER ist auf die warmen Regionen der Erde beschränkt. So findet man SKOLOPENDER sowohl in trockenen Wüstengebieten, als auch im tropischen Regenwald.

Den bisher größten Skolopender hat man im brasilianischen Regenwald gefunden. Eine der wenigen großen europäischen Arten ist mit einer Körperlänge von 11cm der Gürtelskolopender. Ihn trifft man im gesamten Mittelmeerraum an. Einige Exemplare sind aber auch schon in der Nähe von Wien entdeckt worden.

Alle Hundertfüßer sind bodenbewohnende, dämmerungs- oder nachtaktive Tiere. Tagsüber verbergen sie sich in selbstgegrabenen Gängen oder Höhlen. In trockenen Regionen findet man sie auch unter Steinen, Wurzeln oder in Erdspalten. In der Dämmerung beginnen die Hundertfüßer mit ihrer Nahrungssuche.

Ist ein Beutetier aufgespürt, packen sie blitzschnell mit ihren mächtigen Giftklauen zu. Die Beute wird mit den ersten Beinpaaren gepackt und sofort verzehrt. Das vordere Drittel des Hundertfüßers rollt sich dabei leicht zusammen, um dem Beutetier jede Fluchtmöglichkeit zu nehmen. Da Hundertfüßer Einzelgänger sind, treffen sie lediglich bei der Paarung zusammen. Das Männchen ist kleiner und besitzt gegenüber dem Weibchen ein noch längeres letztes Beinpaar.

Acht Wochen nach der Paarung legt das Weibchen etwa 20 bis 30 runde, weiße Eier in eine eigens dafür angelegte Bruthöhle. Die Eier werden als Paket mit den Beinen gehalten, indem sich das Weibchen um die Eier rollt. Das Gelege wird während dieser Zeit vom Weibchen gesäubert, um Schimmel oder Infektionen zu verhindern. Wird das Weibchen während der Brutphase gestört, kommt es vor, dass es seine Brut auffrisst. Nach 4 bis 8 Wochen schlüpfen die Jungtiere. Im Gegensatz zu Tausendfüßern sind bei den Hundertfüßern bereits alle Beinpaare beim Schlupf vorhanden. Wenige Tage nach dem Schlupf verlassen die Jungtiere die Bruthöhle, da Kannibalismus unter den jungen Hundertfüßern nicht selten vorkommt.

Das Nervengift der Skolopender verursacht eine Beschleunigung der Atemfrequenz, eine vermehrte Schweißbildung und führt zu Krämpfen, Erbrechen und Atemlähmung.

### **Austreiben von Regenwürmer nach der Oktettmethode**

Diese schonende, nicht tötende Methode besteht darin, mittels elektrischem Strom die Tiere aus dem Boden zu locken. Mit elektrischem Strom wird über acht Elektroden in einer  $1/8 \text{ m}^2$  großen Fläche ein kreisförmiges Spannungsfeld erzeugt, in dessen Bereich die Regenwürmer an die Bodenoberfläche kommen. Ein Elektronenoktett ist auf einem Kreis von 52 cm Durchmesser angeordnet. Alle 65 cm langen Elektroden haben eine separate Stromzufuhr und können getrennt voneinander ein- und ausgeschaltet werden. Abwechselnd werden immer zwei oder drei gegenüberliegende Elektrodenpaare eingeschaltet. Wegen der unterschiedlichen Größe der jeweiligen Regenwurmarten muss über eine Spannungsregelung eine Veränderung des Potentialgefälles ermöglicht werden. Die Fangmethode wurde von Thielemann 1989 im Rahmen seiner Dissertation entwickelt.



Elektrischer Regenwurmfang

## Exkursionen:

### Crompton (Lampertheim)

Martina Balluff

Am Mittwoch, dem 27.08.2003 unternahm unser Kurs einen Ausflug nach Lampertheim zur Industriefirma Crompton. Am Eingang wurden wir freundlich von einem Angestellten der Firma Crompton empfangen, der uns den ganzen Vormittag hindurch führte, unsere Fragen beantwortete und uns einen Einblick in das Alltagsleben eines Forschers in einer Industriefirma gewährte. Nach einem kurzen Film, in dem die Sicherheitsvorkehrungen auf dem Gelände gezeigt wurden, führte er uns in ein Büro, in dem uns nicht nur sein Vorgesetzter, sondern auch belegte Brötchen und Getränke, erwarteten. Zudem erhielt jeder einen Ordner inklusive Block, Kugelschreiber, mehreren Broschüren über die Crompton Corporation und eine Schutzbrille. Während wir es uns schmecken ließen, wurde uns anhand mehrerer Tageslichtprojektorfolien beschrieben, wie die Firma Crompton arbeitet und welche Produkte sie herstellt.

Die Crompton Corporation stellt weltweit Kunststoffprodukte und spezielle Chemikalien her und verkauft diese. Sie erzielt jährliche Einnahmen von etwa 2.1 Milliarden Dollar. Ein weiteres wichtiges Gebiet, auf dem die Crompton Corporation tätig ist, stellen Pflanzenschutzmittel dar. Unter anderem werden folgende chemische Produkte bei Crompton hergestellt:

- Additive (=Zusatzstoffe) für die PVC-Industrie (PVC: Polyvinylchlorid)
- Optische Aufheller
- UV Absorber
- Antioxidantien
- Zusatzstoffe für Druckertinte
- Paraffinöl
- Chemikalien für die Elastomerproduktion, z. B. für Autoreifen, Gummi, Schuhsohlen...
- Insektizide (Insektenvernichtungsmittel)
- Herbizide (Unkrautvertilgungsmittel)
- Fungizide (Mittel gegen Pilzbefall)

Die Firma Crompton entstand am 1. September 1999 durch den Zusammenschluss der Crompton & Knowles Gesellschaft und der Witco Gesellschaft. Die Firma beschäftigt etwa 5700 Angestellte in der Forschung, der Herstellung, dem Verkauf und in der Verwaltung. Sie ist auf jedem wichtigen Markt der Welt vertreten. Die Firma Crompton stellt nur Produkte her, die anschließend an eine weitere Firma geliefert werden, welche dann die Endprodukte herstellt. Crompton selbst stellt also keine Endprodukte für die Verbraucher her.

Nach dieser kurzen Einführung wurden wir in zwei Gruppen eingeteilt. Unsere Gruppe wurde zuerst von einem Angestellten der Firma Crompton in ein Labor für Bodenprobenanalysen geführt. Dort wurde uns erläutert, wie man mit modernster Ausstattung Bodenproben misst.

Unsere mitgebrachten Bodenproben von verschieden weit entfernten Stellen neben einer

Autobahn, bei denen wir den Schadstoffgehalt bestimmen wollten, konnten sie in der viel zu kurzen Zeit, einer knappen halben Stunde, leider nicht messen. Sie versprachen uns aber, die Bodenproben über Nacht zu messen und uns die Ergebnisse am nächsten Tag zu faxen, die wir dann mit unsern eigenen gemessenen Werten verglichen. Dabei stellten wir fest, dass direkt neben der Autobahn am meisten Schwermetalle (wie z. B. Blei) im Boden vorhanden sind.



Probenvorbereitung zur Schwermetallanalytik in einem Industrielabor

### ***Blei in der Umwelt***

*Schon seit dem Altertum ist die Giftigkeit von Blei bekannt. Im Rahmen der Industrialisierung wurde Blei in großem Maße in die Biosphäre eingebracht und verteilt. Natürliche Quellen tragen nur wenig zum Gesamteintrag bei. Hauptverursacher der Kontamination der Umwelt mit Blei war der Kraftverkehr, da bis in die 70iger Jahre jedem Liter Benzin 0,6g Blei als Antiklopffmittel in Form von*

*Bleitetraethyl und Bleitetramethyl zugesetzt wurde. Der Bleigehalt wurde seit 1972 schrittweise reduziert. Ab 1985 wurde dann das bleifreie Benzin eingeführt.*

*Da auch heute in den Böden Bleigehalte nachweisbar sind, wurden Bodenproben in verschiedenen Abständen zu der Bundesautobahn A 81 entnommen und mittels Röntgenspektroskopie bei der Firma Crompton Corporation in Lampertheim untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass die Bleigehalte mit zunehmender Entfernung von der Autobahn abnehmen:*

*In 8 m Entfernung: 27 mg Blei / kg Erde  
In 58 m Entfernung: 11 mg Blei / kg Erde  
In 158 m Entfernung: 11 mg Blei / kg Erde  
In 508 m Entfernung: 4 mg Blei / kg Erde*

Danach wechselten wir mit der zweiten Gruppe und wurden nun in einem anderen Labor in die Verfahren einer Wasseranalyse eingeführt. Bei der Wasseranalyse wird die Ionenchromatographie eingesetzt. Diese Analyse erfasst die gesamten in der Probe enthaltenen anorganischen Anionen, wie z. B. Nitrate, Phosphate, Sulfate und Chloride.

Mit einem solchen Gerät wurde die Ionenchromatographie ausgeführt.

Ionische Verbindungen können häufig gut mit Hilfe der Ionenchromatographie quantitativ bestimmt werden. Als stationäre Phasen kommen positiv bzw. negativ geladene Materialien in Frage. Die jeweilige

Ladung des Ionenaustauschers ist durch entsprechende Anionen bzw. Kationen ausgeglichen. Diese Ionen werden Gegenionen genannt. Sie können durch Ionen aus der Probe mit ähnlicher Ionenstärke ausgetauscht werden.

Probeionen mit hoher Ionenstärke die in Eluenten mit schwacher Ionenstärke durch die Austauschersäule transportiert werden, werden länger von der stationären Phase festgehalten, als Probeionen mit geringer Ionenstärke.

Schwach geladene Probenbestandteile sind nicht in der Lage die Ionen von Eluenten mit hoher Ionenstärke von der stationären Phase abzutrennen. Sie werden deshalb in einem System mit hoher Ionenstärke nicht zurückgehalten. Es gibt Kationenaustauscher und Anionenaustauscher. Für Anionenaustauscher gilt folgende Reihenfolge:  $F^- < OH^- < Cl^- < CN^- < Br^- < NO_3^- < HSO_4^- < J^-$  für Kationenaustauscher:  $H^+ < Na^+ < NH_4^+ < K^+ < Cs^+ < Ag^+$  Zweiwertige Ionen werden von den geladenen Austauschergruppen stärker angezogen als einwertige, dreiwertige stärker als zweiwertige.

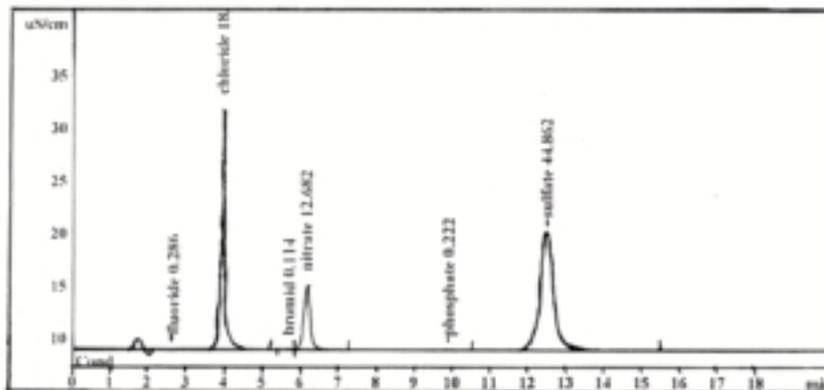
Uns wurde uns anhand einer vorher bestimmten Wasseranalyse eines Badesees gezeigt, wie man bei einem Chromatogramm an den sogenannten ‚Peaks‘ den Nitrat-, Sulfat-, ...gehalt abliest.

Zum Ausklang diese Vormittags besuchten wir noch die Kantine von Crompton und genossen die sehr guten Menüs. Danach war unser interessanter

Vormittag auch schon vorbei und wir, verabschiedeten uns mit vielen neu gewonnenen Eindrücken, denn nun hatten wir einen kleinen Einblick in den Alltag eines Forschers in einer Industriefirma gewonnen.

Ident: Rinschbach-Oberlauf  
 Analyse vom: 27.08.2003  
 Probenahme: 26.08.2003  
 Methode: Röntgenspektroskopie

CHROMATOGRAMM



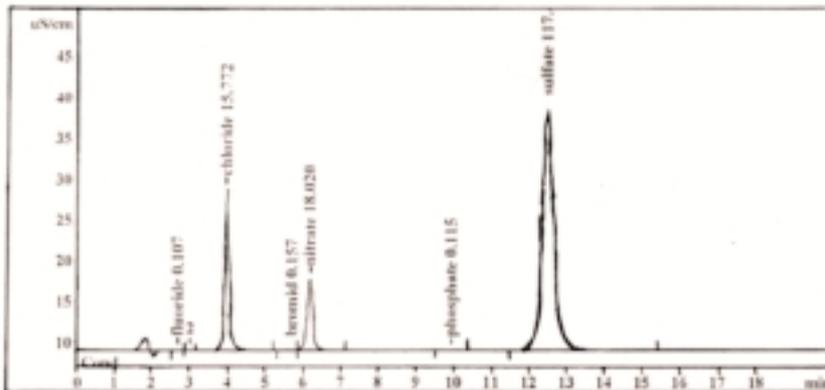
PEAKTABELLE

Quantifizierungs-Methode: Custom

No	Retention min	Höhe uS/cm	Fläche uS/cm*sec	RF	Konz. mg/L	Name
1	2.68	0.15	1.880	0.152	0.286	fluoride
2	3.96	23.03	207.043	0.101	18.911	chloride
3	5.71	0.03	0.385	0.296	0.114	bromid
4	6.17	6.17	68.028	0.202	12.682	nitrate
5	9.91	0.02	0.430	0.517	0.222	phosphate
6	12.49	11.36	272.654	0.170	44.862	sulfate
4	32.01	40.76	550.419	0.148	77.077	

Ident: Rinschbach-Unterlauf  
 Analyse vom: 27.08.2003  
 Probenahme: 26.08.2003  
 Methode: Röntgenspektroskopie

CHROMATOGRAMM



PEAKTABELLE

Quantifizierungs-Methode: Custom

Nr	Retention min	Höhe uS/cm	Fläche uS/cm*sec	RF	Konz. mg/L	Name
1	2.68	0.08	0.703	0.152	0.107	fluoride
2	3.01	0.01	0.137	0.000	0.000	
3	3.96	19.84	175.955	0.101	15.772	chloride
4	5.69	0.04	0.530	0.296	0.157	bromid
5	6.17	8.67	94.486	0.202	18.020	nitrate
6	9.92	0.01	0.223	0.517	0.115	phosphate
7	12.48	29.76	700.804	0.170	117.483	sulfate
7	12.01	58.40	972.838	0.160	151.653	

## Exkursionen

### Zoologisches Institut (Heidelberg)

Elena Czink

**Thema:** Ökotoxikologische Verfahren der Wasseranalytik

Bei unserem Besuch des Zoologischen Institutes der Universität Heidelberg wurden wir sehr freundlich von Dr. rer. nat. Henner Hollert empfangen. Er hielt uns einen Vortrag über ökotoxikologische Verfahren der Analytik. Bis zum zweiten Weltkrieg spielten Umweltfragen gegenüber den Fortschrittszielen eine eher untergeordnete Rolle. Einzig und allein das Wirtschaftswachstum zählte. Die Situation änderte sich als vermehrt Schäden in der Umwelt auftraten. Die schmutzigen Schaumberge auf vielen Flüssen und Seen in den fünfziger und sechziger Jahren machten deutlich, dass wir für unseren industriellen Wohlstand einen hohen Preis zahlen müssen. Der Verlust an Arten- und Ökosystemvielfalt war deutlich zu verzeichnen. In den letzten Jahrzehnten versuchte man die Umweltbelastung bei der Herstellung von Produkten zu verringern, die Hauptbelastung jedoch, das eigentliche Produkt blieb unbeachtet. Dabei werden durch diese Produkte ( z.B. Pestizide) ökologisch schädliche, naturfremde Stoffe in die Kreisläufe der Natur eingeleitet. Durch die Nahrungskette waren die Endverbraucher belasteter Lebewesen am stärksten belastet; somit natürlich auch wir Menschen. Das führte zu Erkrankungen und Veränderungen am

Hormonsystem, Immunsystem, Nervensystem und am Erbgut.

Daher kommt der Umwelttoxikologie eine hohe gesundheitliche- und umweltpolitische Bedeutung zu, da der Staat in Anbetracht von 2000 gefährlichen, aber unerprobten Stoffen derzeit nicht in der Lage ist, die Menschen vor Chemikalien wirkungsvoll zu schützen.

#### **Ein Beispiel:**

Pestizid-Wirkstoffe belasten unsere Atemluft, die Böden, sowie das Grund- und Oberflächenwasser. Eine längerfristige Kontrolle dieser Schadstoff ist durch chemische Analyse nicht möglich, da dies die finanziellen Möglichkeiten übersteigen würde. Daher hat man sich überlegt, Fließgewässer mit Indikatorsystemen zu kontrollieren. Man weiß, dass gewisse Wassertiere stenök sind, also sehr eng an eine gewisse Wasserqualität gebunden sind.

Mit Hilfe des Saprobienindex kann man den Verschmutzungsgrad durch organische Substanzen ermitteln. Diese Kontrollen werden auch schon seit längerem durchgeführt. Deshalb wollte man dieses System auf Verschmutzung durch Pflanzenschutzmittel übertragen. Die Belastung durch Pflanzenschutzmittel sollte in allen Fließgewässern mit einem landwirtschaftlichem Einzugsgebiet nachweisbar sein. Als Untersuchungsgewässer dienten kleine Flüsse in den Flachlandregionen um Braunschweig, Hamburg, Hannover, Kassel, Mannheim und Mönchengladbach. Alle Bäche besaßen ein landwirtschaftlich genutztes Einzugsgebiet ohne den Einfluss von Städten oder

Industrieanlagen. Sieben Bäche lagen unterhalb kleinerer Kläranlagen. Alle Probestellen waren unbeschattet, von geringem Gefälle und von Sand, Lehm und Schluff geprägt. Die Fließgeschwindigkeit lag unter 1,1 m/s und die Tiefe lag zwischen 5 und 70 cm. Die Pflanzenschutzmittelbelastung wurde an allen Probestellen durch Schwebstoffsammler erfasst. Man fand Wirkstoffe im Bereich der Insektizide, Fungizide und Herbizide. Um das ökotoxikologische Potenzial der Belastung zu beschreiben und einen Vergleich verschiedener Untersuchungen zu ermöglichen, wurde für jede Untersuchung eine jährliche Belastungssumme entwickelt. Die Konzentrationen der einzelnen Wirkstoffe wurde über die Toxizität auf die Beispielart *Daphnia magna* gewichtet und zur jährlichen Belastungssumme aufsummiert. Da man damit noch kein vollständiges Bild der Pflanzenschutzmittelbelastung liefern konnte, teilte man die Belastung zunächst in vier Stufen ein.

- nicht nachgewiesen (NN)
- gering (G)
- mittel (M)
- hoch (H)