

Bach und Landschaft

Tiere und Pflanzen

Ökosystem Bach

Menschen und Bäche

Gewässerausbau und Renaturierung

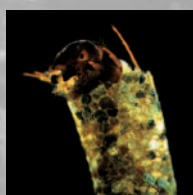
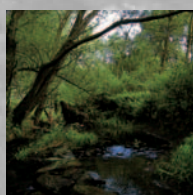
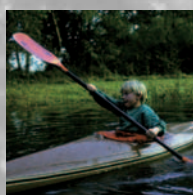
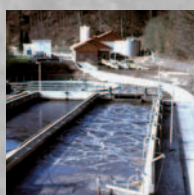
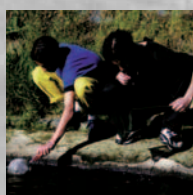
Wasserverschmutzung und Wasserreinigung

Erkundung und Bewertung

Martina Graw • Dietrich Borchardt

## Ein Bach ist mehr als Wasser...

Materialien für einen fächerverbindenden, projektorientierten Unterricht zum Thema Ökologie und Schutz von Fließgewässern



*Titelseite:  
Fotos (von links nach rechts): J. Kothe, W. Waldrich,  
P. Thomas, O. Werner, T. Schmidt, G. Laukötter, T. Schmidt  
Hintergrundfoto von T. Schmidt*

# **Ein Bach ist mehr als Wasser ...**

**Materialien für einen fächerverbindenden, projektorientierten Unterricht  
zum Thema Ökologie und Schutz von Fließgewässern**

**Martina Graw  
Dietrich Borchardt**



**HESSISCHES MINISTERIUM  
FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM  
UND VERBRAUCHERSCHUTZ**

---

**Konzeption, Texte, Redaktion**

Martina Graw  
WasserWissen – Büro für Umweltbildung und Wissenstransfer Fuldataal  
www.wasserwissen-fuldataal.de

**Konzeption, fachwissenschaftliche Beratung**

Dr. Dietrich Borchardt  
Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz (IAG)  
Universität Kassel; 34109 Kassel  
www.uni-kassel.de

**Graphische Konzeption, Satz, Graphiken**

Sebastian Ammermüller, Kristina Petrasch, Markus Schein, Ole Werner  
c/o Markus Schein, Ole Werner; Heckerstr. 30 c, 34121 Kassel  
ole\_werner@web.de

**Zeichnungen**

Dorothea Cüppers; Dörnbergstrasse 13a, 34119 Kassel

**Druck**

Printec Offset; Ochshäuser Strasse 45, 34123 Kassel

**ISBN**

3-89274-174-3

**Herausgeber**

Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten  
Mai 1999

Überarbeitete Auflage:

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz  
Referat Öffentlichkeitsarbeit; Postfach 3109; 65021 Wiesbaden

November 2003

---

# Ein Bach ist mehr als Wasser ...

## Inhaltsverzeichnis

### Einführung

Warum den Bach zum Unterrichtsthema machen?	▶	6
Wie zum Thema arbeiten?		
Hinweise zum Umgang mit den Unterrichtsmaterialien		
Bezug zu den Rahmenplänen	▶	8

### Ökosystem Fließgewässer – Lebensader der Landschaft

			Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Werken
<b>1. Bach, Landschaft und Gewässerstruktur</b>	▶	12											
1.1 Am Bach entlang – Eine Bachgeschichte	▶	16	-	●	●	●	●	-	-	-	-	●	-
1.2 Spiele am Bach	▶	18	●	-	-	●	●	-	-	-	-	-	-
1.3 Einen Bachausschnitt zeichnen	▶	20	●	●	●	-	●	-	●	-	-	-	●
1.4 Ein Bach im Querschnitt	▶	22	-	●	●	-	●	-	●	-	-	-	-
1.5 Strukturvielfalt eines Baches erkunden	▶	24	●	●	●	●	●	-	●	-	-	-	-
1.6 Ein Bach und sein Einzugsgebiet	▶	26	-	●	●	-	●	-	●	-	-	-	-
1.7 Natürlich – was bedeutet das?	▶	28	-	●	●	●	-	●	-	●	●	-	●
<b>2. Lebensraum für Tiere und Pflanzen – Fließgewässer und ihre Auen</b>	▶	34											
2.1 Kleinlebensräume im Bach	▶	42	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-
2.2 Tiere im und am Bach	▶	46	▶	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
2.3 Bäume am Bach	▶	50	▶	-	-	●	-	●	-	-	-	-	●
2.4 Im Wechselspiel der Wasserstände – Lebensraum Aue	▶	56	-	●	●	●	-	●	-	-	-	-	-
2.5 Zonierung eines Fließgewässers im Längsverlauf	▶	58	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-	-
2.6 Ökologische Bedeutung einer vielfältigen Gewässerstruktur	▶	60	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-	-
<b>3. Stoffhaushalt im Ökosystem</b>	▶	64											
3.1 Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen im Fließgewässer	▶	68	-	●	●	-	-	●	-	-	-	-	-
3.2 Dynamik des Sauerstoffhaushaltes	▶	70	-	-	●	-	-	●	●	-	-	-	-
3.3 Selbstreinigung von Fließgewässern	▶	72	-	-	●	-	-	●	●	-	-	-	-
3.4 Die Messstation – Ein Bach im Jahreslauf	▶	74	●	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-

Die Angaben zu Klassenstufe und Fachbezug dienen der Orientierung! Natürlich können die Materialien auch in anderen als den angegebenen Zusammenhängen eingesetzt werden. Besonders vielfältige Möglichkeiten bietet der Projektunterricht!

Inhaltsverzeichnis

**Mensch und Gewässer –  
Gefährdung und Schutz von Fließgewässern**

		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Werken
<b>4. Mensch und Gewässer – Einführung</b>	▶ 78											
4.1 Was macht der Mensch mit Bach und Fluss?	▶ 82	●	-	-	-	-	●	-	●	●	-	-
4.2 Ein Blick in die Zeitung	▶ 84	-	●	●	●	-	-	-	●	-	●	-
4.3 Was geht der Bach uns an? – Eine Umfrage	▶ 86	-	●	●	●	-	●	-	●	-	●	-
<b>5. Gewässerabau</b>	▶ 90											
5.1 Rätselbilder	▶ 96	●	●	●	-	-	●	-	●	●	-	●
5.2 Geschichte einer Aue	▶ 98	-	●	●	●	-	●	-	●	-	●	-
5.3 Von der Lebensader zum Kanal – Gewässerabau und Folgen	▶ 100	●	●	-	-	-	●	-	-	-	-	-
5.4 Ökologische Auswirkungen des Gewässerabaus	▶ 102	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-	-
5.5 Ökologische Veränderungen durch Stauhaltungen	▶ 105	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-	-
<b>6. Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen</b>	▶ 110											
6.1 Woher bekommt der Fluss das Wasser?	▶ 116	-	●	●	-	-	●	-	●	-	-	-
6.2 Gewässerschutzdetektive unterwegs – Was fließt in den Bach?	▶ 118	-	●	●	●	●	●	-	●	●	-	-
6.3 Problem Eutrophierung – Gefährdungsfaktor Landwirtschaft	▶ 120	-	-	●	-	-	●	●	●	●	-	-
6.4 Jedes Einzugsgebiet ist anders – Neue Ideen von der EU	▶ 122	-	-	●	-	-	●	-	●	●	-	-
<b>7. Renaturierung von Fließgewässern</b>	▶ 126											
7.1 Woher bekommt der Fluss das Wasser?	▶ 130	-	●	●	-	-	●	-	●	-	-	-
7.2 Projekt – Einen Bach renaturieren	▶ 132	-	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-
<b>8. Abwasser, Kanalisation und Kläranlage</b>	▶ 138											
8.1 Aus den Augen, aus dem Sinn? – Entstehung von Abwasser	▶ 146	●	-	-	●	-	●	-	-	●	-	-
8.2 Der Weg des Abwassers	▶ 149	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
8.3 Alles klar? So funktioniert eine Kläranlage	▶ 150	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
8.3 Alles dicht? Kanalisation, Regenwasser, Flächenversiegelung	▶ 152	-	●	●	●	-	●	-	●	●	-	-
8.5 So funktioniert eine Kläranlage	▶ 156	-	●	●	-	-	●	-	-	●	-	-
8.6 Erkundung einer Kläranlage	▶ 160	-	●	●	●	●	-	-	●	●	-	-
<b>9. Freizeitnutzung</b>	▶ 164											
9.1 Ein Sonntag am Fluss	▶ 168	●	-	-	-	-	●	-	●	●	-	-
9.2 Kanufahren verbieten!?	▶ 170	▶	●	-	-	-	●	-	●	●	-	-
9.3 Fragebogenaktion – Freizeit am Fluss	▶ 172	▶	●	-	●	-	-	-	●	●	-	●

# Ein Bach ist mehr als Wasser ...

## Inhaltsverzeichnis

### Gewässergütebewertung – Wie natürlich ist der Bach?

#### 10. Gewässergütebewertung

10.1 Praxis und Hintergründe der Gewässergütebewertung	▶ 176
10.2 Gewässerstrukturgüte – Das äußere Erscheinungsbild	▶ 178
10.3 Biologische Gewässergüte – Das Saprobien-system	▶ 180
10.4 Chemische Gewässergüte – Die Wasserqualität	▶ 183
10.5 Gewässergütebewertung in der Schule – Möglichkeiten; Grenzen	▶ 184

#### 11. Ökologische Bewertung eines Baches

11.1 Gewässerstruktur und Gewässerumfeld	▶ 190
11.2 Wasserqualität – Vereinfachte Untersuchung	▶ 192
11.3 Wasserqualität – Chemische und physikalische Parameter	▶ 194
11.4 Biologische Gewässergüte	▶ 196
11.5 Bestimmungsschlüssel	▶ 198
11.6 Zusammenfassung der Ergebnisse – Vereinfachte Untersuchung	▶ 199
11.7 Zusammenfassung der Ergebnisse – Ausführliche Untersuchung	▶ 200
11.8 Projektbericht – Ökologische Bewertung eines Baches	▶ 201

Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht	Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Werken
▶ ● ●	● ● ●	● ● ●	● ●	● ●	●	-	●	-	-	-	-
▶ ● ●	● ● ●	● ● ●	● ●	● ●	● ● ●	●	-	-	-	-	-
- - ●	● ● ●	● ● ●	● ●	● ●	● ●	●	-	-	-	-	-
▶ ● ●	● ● ●	● ● ●	● ●	● ●	●	-	-	-	-	-	-
▶ ● -	● ● -	● ● -	● -	● -	-	-	-	-	-	-	-
- - ●	● ● ●	● ● ●	● -	● -	-	-	-	-	-	-	-
- - ●	● ● ●	● ● ●	● -	● -	-	-	-	-	-	-	-

#### 12. Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

Gewässerstruktur und Gewässerumfeld	▶ 204
Wasserqualität – Vereinfachte Untersuchung	▶ 226
Wasserqualität – Chemische und physikalische Parameter	▶ 231
Biologische Gewässergüte	▶ 243

#### Anhang

Glossar	▶ 246
Die wichtigsten Gesetze zum Gewässerschutz	▶ 248
Adressenverzeichnis	▶ 249
Medienverzeichnis	▶ 253

#### Verzeichnis Farbfolien

1. Gesichter hessischer Fließgewässer	
2. Gewässernetz in Hessen	
3. Gewässerstrukturgüte – Wie natürlich ist der Bach?	
4. Gewässerbelastungen/Gewässerausbau	
5. Beispiel für eine Renaturierung	
6. Gewässerstrukturgütekarte Hessen 1999	
7. Biologische Gewässergütekarte Hessen 1995	
8. Biologische Gewässergütekarte Hessen 1970	

### Vorwort zur Neuauflage

Ich freue mich, Ihnen die aktualisierte Fassung der beliebten Unterrichtsmaterialiensammlung "Ein Bach ist mehr als Wasser ..." zur Verfügung stellen zu können. Die erste Auflage erschien 1999 und wurde seitdem von Lehrerinnen und Lehrern - auch außerhalb Hessens - sehr gut angenommen und erfolgreich im Unterricht eingesetzt. Damit wurde eine wichtige Zielsetzung, das aktuelle Fachwissen und die neuesten Entwicklungen in Wasserwirtschaft und Gewässerschutz in Schulen zu transferieren, erreicht.

Doch das Wesen aller Dinge ist die stetige Veränderung. Dies zeigt uns gerade das Wasser. Wichtigste Neuerung für die Wasserwirtschaft und den Gewässerschutz in Deutschland und damit auch in Hessen ist die neue EU-Wasserrahmenrichtlinie, die im Dezember 2000 in Kraft getreten ist. Auf sie wird an mehreren Stellen in den Materialien Bezug genommen. Auch wurde das vereinfachte Verfahren zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern an die Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie angepasst. Außerdem sind seit September 2003 neue Lehrpläne an hessischen Schulen gültig. Nicht zuletzt sind Verbesserungsvorschläge und Anregungen von Lehrerinnen und Lehrern, die die Materialien in ihrem Unterricht verwendet haben, eingeflossen. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg bei der Arbeit mit "Ein Bach ist mehr als Wasser..."

Ihr Wilhelm Dietzel  
Minister für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

November 2003



# Ein Bach ist mehr als Wasser ...

## Vorwort

### Vorwort des Herausgebers (1. Auflage)

Ein Bach ist mehr als Wasser... Diese einfache und doch nicht selbstverständliche Tatsache ist die Überschrift dieser Unterrichtsmaterialiensammlung, die das Hessische Umweltministerium Lehrerinnen und Lehrern der Sekundarstufen und allen, die im Bereich Umweltbildung zum Thema Ökologie und Schutz von Fließgewässern arbeiten wollen, zur Verfügung stellt.

Ein Bach ist mehr als Wasser... ist auch ein Motto, das die neuen Schwerpunkte der hessischen Gewässerschutzpolitik treffend beschreibt. Zwar konnte die Wasserqualität der meisten Bäche und Flüsse in den letzten Jahren entscheidend verbessert werden, doch sind sie deswegen noch lange nicht in einem ökologisch befriedigenden Zustand. Durch Begradigung und Ausbau sowie die weitläufige Zerstörung natürlicher Auenlandschaften sind für Mensch und Natur gleichermaßen wertvolle Lebensräume verloren gegangen. Wem nützt schon klares Wasser, wenn es in einer öden Betonrinne verläuft?

Die Wiederherstellung naturnaher Gewässer, Ufer und Auen ist daher erklärtes Ziel hessischer Gewässerschutzpolitik. Um sinnvoll und geplant handeln zu können, muss zunächst der Ist-Zustand der Gewässer festgestellt werden.

Dazu wird mittlerweile nicht mehr allein die Wasserqualität, sondern auch das äußere Erscheinungsbild des Gewässers einschließlich seines Umfeldes bewertet, um ein Gesamtbild über den ökologischen Zustand des Gewässers zu erhalten.

Hessen hat als erstes Bundesland eine flächendeckende Gewässerstrukturgütekartierung durchgeführt, die gezeigt hat, dass bei 80% der hessischen Fließgewässer dringender Handlungsbedarf besteht. Geeignete Sanierungsmaßnahmen – wie Renaturierung, Auenvernetzung, Flächenstilllegungen, Wiederherstellung der linearen Durchgängigkeit – werden durch umfangreiche Förderprogramme des Landes (z.B. Landesprogramm „Naturnahe Gewässer“) finanziert und organisatorisch gefördert. Etliche Vorhaben wurden bereits umgesetzt, damit Bäche und Flüsse wieder zu Lebensadern der Landschaft werden.

Der Paradigmenwechsel vom technischen, rein nutzungsorientierten zum ganzheitlichen Gewässerschutz ist im Kontext internationaler

umweltschutzpolitischer Bemühungen zu sehen, die unter dem Stichwort „Nachhaltigkeit“ („sustainable development“) laufen und die seit der UN-Konferenz in Rio de Janeiro 1992 mit Verabschiedung der Agenda 21 Leitlinie zukunftsorientierten gesellschaftlichen Handelns sein sollten. Dieses kann jedoch nur gelingen, wenn die notwendigen Maßnahmen auch von einer breiten, fachlich gut informierten Öffentlichkeit in ihrer Notwendigkeit akzeptiert, eingefordert und mitgetragen werden. In der Schule sollen und können dazu im Rahmen einer qualifizierten Umwelterziehung die Grundlagen gelegt werden. Auch dies wird in der Agenda 21 ausdrücklich eingefordert.

Das Thema (Fließ-)Gewässer hat in hessischen Schulen und auch im Rahmen der außerschulischen Umwelterziehung eine lange Tradition. Viele Gruppen haben im Rahmen von Bachpatenschaften mit großem Engagement öffentlich auf Defizite aufmerksam gemacht. Schülerinnen und Schüler gehen am Bach auf Naturentdeckungsreise und lernen die Vielfältigkeit, Schutzwürdigkeit und ökologische Bedeutung dieses faszinierenden Lebensraumes vor der Haustür kennen. Sie lernen wissenschaftliches Arbeiten und führen Messungen zur Gewässergütebewertung durch, um für die Notwendigkeiten und Möglichkeiten sensibilisiert zu werden, die der Mensch zum Schutz und der Erhaltung einer intakten und lebenswerten Umwelt hat. Umwelterziehung im besten Sinne.

Wichtige Aspekte zur Charakterisierung eines Fließgewässers, die Gewässerstruktur und das Gewässerumfeld werden in den zahlreichen vorhandenen Unterrichtsmaterialien zum Thema Bach ähnlich wie in der Gewässerschutzpolitik der Vergangenheit jedoch unzureichend berücksichtigt. Für das Erkennen und Beschreiben der ökologisch bedeutsamen Probleme der Bäche und Flüsse und ihrer Ursachen fehlen Kriterien zur Beschreibung und Bewertung. Mit diesen Unterrichtsmaterialien soll hier eine Lücke geschlossen werden: Ein Bach ist mehr als Wasser ...

Das Hessische Umweltministerium möchte einen Beitrag zur Umwelterziehung im oben erklärten Sinne leisten und Lehrerinnen und Lehrer dazu anregen und auffordern, ganzheitlich zum Thema Bach und Gewässerschutz zu arbeiten. Diese Materialsammlung liefert die notwendigen Fachinformationen, Ideen und Unterrichts Anregungen.

### Wir wünschen gutes Gelingen!

Wiesbaden im März 1999

### Warum den Bach zum Unterrichtsthema machen?

#### ● Bäche gibt es überall

Sie durchziehen wie ein Adernetz unsere Landschaft, plätschernd rauschend oder träge fließend, begradigt oder verrohrt unter der Erde, aber immer in erreichbarer Nähe einer Schule, so dass sie als außerschulischer Lernort wie kaum ein anderes Ökosystem erschlossen werden können.

#### ● Bäche gehen alle an

Sie werden gebündigt und begradigt, zur Entsorgung von Müll und Fäkalien benutzt, unterhalten, aufgestaut, begutachtet, gepflegt, geschützt und renaturiert, aufgesucht als Ort der Ruhe und Entspannung und geliebt als Sinnbild für das Leben, für Freiheit und Ursprünglichkeit.

#### ● Bäche sind von umwelt- und gesellschaftspolitischer Relevanz

Um sie geht es bei Diskussionen um Wasser- und Abwassergebühren, bei Ratlosigkeit nach Hochwasserschäden, in Interessenskonflikten bei der Ausweisung von Schutzgebieten und der Durchsetzung von Renaturierungsmaßnahmen ...

#### ● Bäche sind faszinierend

Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Altersstufen lassen sich auf Bäche ein, wenn sie einmal entdeckt haben, welche unerwartete Vielfalt an Lebewesen und Möglichkeiten der Erkundung sie bieten.

#### ● Bäche bieten vielfältige Lernmöglichkeiten

Lernen mit allen Sinnen, Spielen am Bach, Erkunden von Gewässerstrukturen, wissenschaftliches Arbeiten bei der Erhebung und Auswertung von Gewässergütedaten, Referate und Projektarbeiten, Recherchieren über die Vergangenheit, Diskussionen führen über umweltgerechtes Freizeitverhalten ...

### Wie zum Thema arbeiten?

Traditionell wird das Thema Ökologie und Schutz von Fließgewässern dem Fach Biologie zugeordnet. Zu Recht, denn es lassen sich viele Prinzipien der Ökologie, die einen breiten Raum in den Lehrplänen des Faches einnimmt, exemplarisch und schülerorientiert vermitteln. Auch in dieser Unterrichtsmaterialiensammlung finden sich eine ganze Reihe von Unterrichtsvorschlägen und Materialien, die hauptsächlich im Fachunterricht Biologie oder im Lernbereich Naturwissenschaften einzusetzen sind. Doch möchte diese Materialsammlung ausdrücklich zu fächerverbindendem, projektorientiertem Unterricht anregen und macht dazu zahlreiche Vorschläge, denn das Thema Bach lässt sich wie alle Themen der Umwelterziehung nicht nur in einem Fach abhandeln. Das Verhältnis von Mensch und Gewässer zu hinterfragen oder Gedichte zu schreiben, Zeichnungen, Kollagen und Modelle anzufertigen hat dabei ebenso seine Berechtigung wie die Funktionsweise eines Ökosystems exemplarisch kennenzulernen, Gewässeruntersuchungen durchzuführen und wissenschaftlich auszuwerten oder den

Verlauf eines Baches zu beschreiben und zu erkunden. Von zentraler Bedeutung ist die Freilandarbeit am Bach. Dazu sollte ein Bach in Schulsnähe ausgesucht werden, den die Schülerinnen und Schüler auch außerhalb des Unterrichts immer wieder aufsuchen, auf vielfältige Art und Weise erkunden und so zu ihrem Bach machen können.

Wenn auch im Schulalltag die Umsetzung von fächerverbindendem und projektorientiertem Unterricht schwierig erscheinen mag, so bieten sich doch vielfältige Möglichkeiten im Rahmen von Projektwochen, im Wahlpflichtunterricht, auf Studienfahrten, in Arbeitsgemeinschaften oder auch in Projekt- und Forschungsarbeiten einzelner Schülerinnen und Schüler, das Thema Bach im beschriebenen Sinne zu bearbeiten. Doch auch im 45-Minuten-Alltag sollte immer wieder die Verbindung zu den Inhalten anderer Unterrichtsfächer hergestellt und die Kooperation eines Klassenkollegiums angestrebt werden. Um das fächerverbindende Arbeiten zu erleichtern sind auf Seite 8 und 9 die Unterrichtsinhalte der in Hessen verbindlichen Lehrpläne für die einzelnen Fächer zusammengestellt, zu denen Sie in diesem Band Materialien finden.

### Hinweise zum Umgang mit den Unterrichtsmaterialien

Diese Materialsammlung ist in drei jeweils farbig gekennzeichnete Themenkomplexe unterteilt:

#### 1. Ökosystem Fließgewässer – Lebensadern der Landschaft



#### 2. Mensch und Gewässer – Gefährdung und Schutz von Fließgewässern



#### 3. Gewässergütebewertung – Wie natürlich ist der Bach?



Zu jedem dieser drei Themenkomplexe finden Sie Einzelkapitel mit Sachinformationen, Hinweisen zum Unterricht und Kopiervorlagen für Arbeitsblätter für verschiedene Altersgruppen der Jahrgangsstufen 5 bis 13.

# Ein Bach ist mehr als Wasser ...

## Einführung

Die **Sachinformationen** geben die wichtigsten Hintergrundinformationen zum jeweiligen Thema mit Abbildungen und Literaturhinweisen. Die Sachinformationen sind in erster Linie für Lehrerinnen und Lehrer bestimmt, können aber auch für (ältere) Schülerinnen und Schüler zur Vertiefung und Ergänzung der Arbeitsblätter oder zur Vorbereitung von Referaten hilfreich sein.

Aufgabenstellungen einschließlich Lösungen finden Sie in den Erläuterungen zu jedem Arbeitsblatt unter L „**Hinweise zum Unterricht**“. Außerdem sind hier Informationen zur Durchführung des Unterrichts mit Zielgruppe, Fachbezug sowie Vertiefungsmöglichkeiten und anderen Anregungen zusammengestellt.

Die eigentlichen **Schülermaterialien** sind durch ein M gekennzeichnet. Es sind Kopiervorlagen für Arbeitsblätter zum Einsatz im Unterricht. Damit viele Arbeitsmöglichkeiten offen stehen, enthalten sie keine oder nur kurze Aufgabenstellungen.

Im Anhang finden Sie ein Glossar, in dem wichtige Fachbegriffe erklärt sind, eine Zusammenstellung der wichtigsten Gesetze zum Gewässerschutz sowie ein ausführliches Medienverzeichnis und eine Auswahl nützlicher Adressen von Fachbehörden des Gewässerschutzes, Vereinen und Verbänden, sowie Einrichtungen der außerschulischen Umwelterziehung und Fortbildung. Auf die Stichworte des Anhangs wird im Text mit einem ► Pfeil verwiesen.

Was Sie in dieser Materialsammlung nicht finden, sind komplett ausgearbeitete Unterrichtseinheiten oder detaillierte Beschreibungen von Stundenverläufen. Darauf wurde bewusst verzichtet, weil eine Unterrichtseinheit nie nach einem strengen Schema verlaufen, sondern ein dynamischer Lern- und Entwicklungsprozess sein sollte. Deshalb haben wir ein Angebot an Einzelmaterialien zusammengestellt, aus denen Sie für den Unterricht je nach Lerngruppe, Lernziel, Unterrichtszusammenhang aber auch persönlichen Vorlieben auswählen können.

### Didaktisch-methodische Leitlinien

#### ■ Aufzeigen von Perspektiven und Handlungsmöglichkeiten

Am Beispiel der Verbesserung der Wasserqualität in den letzten 30 Jahren und der derzeitigen intensiven Bemühungen zum ganzheitlichen, ökologisch begründeten Gewässerschutz sowohl auf fachwissenschaftlicher als auch auf politischer Ebene lässt sich sehr gut aufzeigen, dass es möglich ist, eine Lösung für Umweltprobleme zu finden, wenn alle Handlungsebenen zusammenwirken. Dies eröffnet persönliche und gesellschaftliche Handlungsperspektiven.

#### ■ Ganzheitlichkeit

Ein Bach ist mehr als Wasser. Die erforderlichen Maßnahmen des ganzheitlichen (integralen) Gewässerschutzes können nur verstanden und unterstützt werden, wenn zum einen ein Grundwissen über die Ökologie der Gewässer mit all ihren Dimensionen (räumlich-strukturell, chemisch-physikalisch und biologisch) einschließlich der durch menschlichen Einfluss verursachten Gefährdungen und Belastungen vorhanden ist und zum anderen die Lernformen zur Vermittlung dieses Wissens im pädagogischen Sinne ganzheitlich sind, d.h. kognitive, affektive und praktische Fähigkeiten ansprechen („Lernen mit Kopf, Herz und Hand“).

#### ■ Freilandarbeit und sinnliches Lernen

... gehören deshalb zu einer Unterrichtseinheit zum Thema Gewässer. Nur durch Primärerfahrungen in der Natur (Beobachten, Spielen, Erleben am Bach) kann ein emotionaler Bezug zum Schutzgut Fließgewässer entstehen, der wesentliche Voraussetzung ist, um die im Sinne der Umweltbildung erforderliche Bereitschaft zu nachhaltigem, umweltgerechtem Handeln aufzubringen („nur was ich kenne und liebe, bin ich bereit zu schützen“).

#### ■ Fächerverbindendes und projektorientiertes Lernen

So wie der ganzheitliche Gewässerschutz auf die Zusammenarbeit unterschiedlicher Fachdisziplinen, politischer Handlungsträger und die mit der Umsetzung betrauten Behörden angewiesen ist, muss die Schule das Thema aus der Sicht unterschiedlicher Fächer (Naturwissenschaften, Gesellschaftswissenschaften, aber auch künstlerischer Fächer) behandeln. Projektorientierte Unterrichtsformen, (praktisches) Arbeiten am Bach und die Zusammenarbeit mit außerschulischen Institutionen leisten einen Beitrag zur „Öffnung von Schule“.

Bezug zu den hessischen Lehrplänen – Gymnasium

	5/6	7/8	9/10	11	12/13
<b>Biologie</b>	„Vielfalt der Lebewesen“ (5)  „Lebewesen sind an ihren Lebensraum angepasst“ (6)	„Ökosystem Gewässer“ (7)			„Ökologie“
<b>Chemie</b>		„Wasser und Wasserstoff“ (8)	„Stoffkreisläufe“ (10)		„Umweltchemie und Umweltanalytik“ (13)
<b>Erdkunde</b>	„Umweltprobleme und Schutzmaßnahmen“ (5)	„Auswirkungen von Eingriffen in den Naturhaushalt“		Projekt „Oberrheinbegradigung“  Projekt „Ökonomie und Ökologie im Alltag“  „Historische Entwicklung urbaner Probleme“	
<b>Politik und Wirtschaft</b>		„Umweltschutz in der Gemeinde“ (7)		„Ökologie und Marktwirtschaft“	„Weltumweltpolitik“ (13)
<b>Geschichte</b>					„Schlüsselprobleme der Gegenwart“ (13)
<b>Ethik</b>	„Der Mensch braucht eine gesunde Umwelt“ (5)			„Ethische Identität und Verantwortung“	„Globaler Umweltschutz“ (13)  "Natur und Technik" (13)
<b>Deutsch</b>	Vielfältige Möglichkeiten innerhalb der Arbeitsbereiche: „Informieren“, „Diskutieren und Argumentieren“, „Umgang mit Sach- und Gebrauchstexten“				
<b>Kunst</b>	Vielfältige Möglichkeiten innerhalb der Arbeitsbereiche: Zeichnen, Fotografie, Erstellen von (Landschafts-)Modellen			„Natur und Naturzerstörung im Spiegel der Kunst“	Beiträge für die Schulhomepage (12)

Angegeben sind verbindliche und fakultative Unterrichtsinhalte für die einzelnen Fächer nach den geltenden hessischen Lehrplänen (Stand: September 2003)

## Ein Bach ist mehr als Wasser ...

### Einführung

#### Bezug zu den hessischen Lehrplänen – Hauptschule (H), Realschule (R)

	5/6	7/8	9/10
<b>Biologie</b>	„Lebewesen sind an ihren Lebensraum angepasst“ (H 5/6) (R 6) „Ökosysteme: Lebensräume – Lebensgemeinschaften“ (H 6) „Ökosystem der näheren Umgebung“ (R 6)		„Globale Umweltfragen“ (R) „Gefährdung unserer Lebensgrundlagen“ (H 9)
<b>Chemie</b>		„Wasser und Wasserstoff“ (H 8) „Ohne Wasser kein Leben“ (R 8) „Wasserverschmutzung und Kläranlage“ (H, R 8)	
<b>Erdkunde</b>	„Unser Lebensraum verändert sich“ (H, R 5)		
<b>Politik und Wirtschaft</b>		„Umweltschutz“ (H, R 7)	
<b>Geschichte</b>		„Folgen der Industrialisierung für die Umwelt“ (H,R 7)	
<b>Ethik</b>	„Verantwortlich handeln mit Tieren und der Natur“ (H 6)	„Verantwortung übernehmen – sich engagieren“ (H 8)	
<b>Deutsch</b>	Vielfältige Möglichkeiten innerhalb der Arbeitsbereiche: „Informieren“, „Diskutieren und Argumentieren“, „Umgang mit Sach- und Gebrauchstexten“		
<b>Kunst</b>	Vielfältige Möglichkeiten innerhalb der Arbeitsbereiche: Zeichnen, Fotografie, Erstellen von (Landschafts-)Modellen		

Angegeben sind verbindliche und fakultative Unterrichtsinhalte für die einzelnen Fächer nach den geltenden hessischen Lehrplänen (Stand: September 2003)

# Bach, Landschaft und Gewässerstruktur



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 12											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
1.1 Am Bach entlang – Eine Bachgeschichte	▶ 16	- ● ●	● ● ●	● ● ●	● ●	●	-	-	-	●	-	-
1.2 Spiele am Bach	▶ 18	●	-	-	● ●	-	-	-	-	-	-	-
1.3 Einen Bachausschnitt zeichnen	▶ 20	● ● ●	● ● ●	● ● ●	- ●	●	-	●	-	-	-	●
1.4 Ein Bach im Querschnitt	▶ 22	-	● ●	● ●	- ●	●	-	●	-	-	-	-
1.5 Strukturvielfalt eines Baches erkunden	▶ 24	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ●	●	-	●	-	-	-	-
1.6 Ein Bach und sein Einzugsgebiet	▶ 26	-	● ●	● ●	-	●	-	●	-	-	-	-
1.7 Natürlich – was bedeutet das?	▶ 28	-	● ●	● ●	● -	●	-	● ●	● ●	● ●	-	●



## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Gewässerstruktur und Strömung – Vielfaltigkeit und Dynamik

Betrachtet man einen natürlichen Bach, so fällt als Erstes die äußerlich sichtbare Vielfaltigkeit auf: Langsam und schnell fließendes Wasser wechseln ständig ab, Steine, Totholz und Inseln unterbrechen den Lauf des Wassers, der Bach verengt sich stellenweise, hat örtliche Vertiefungen (Kolke) und dann wieder ganz flache Bereiche. Zudem ist ein Bach über einen längeren Zeitraum betrachtet nie derselbe: es finden fortwährend Veränderungen statt, der Wasserspiegel steigt und fällt, Substrate verlagern sich, der Bach ändert seinen Lauf.

Charakteristisches Merkmal natürlicher Fließgewässer und ihrer Auen ist eine vielfältige, sich räumlich und zeitlich ständig verändernde Gewässerstruktur. Sie wird im Wesentlichen durch die Strömung bestimmt. Durch die Kraft des Wassers wurden Täler geschaffen und Flussauen geformt, denn mit dem Wasser bewegen sich auch große Mengen fester Bestandteile, Sand, Steine und Geröll zu Tale. Diese Fähigkeit des Wassers, Feststoffe zu transportieren, bezeichnet man als Schleppkraft. Je stärker die Strömung, desto größer ist die Schleppkraft. So wird in Bereichen mit starker Strömung Material vom Ufer und der Gewässersohle abgetragen, mit dem Wasser forttransportiert und in strömungsberuhigten Bereichen wieder abgelagert. Diese **EROSION** und **SEDIMENTATION** genannten Prozesse bewirken eine ständige Umlagerung der Substrate und damit eine äußerlich sichtbare Veränderung der Fließgewässer und ihres Umlandes im Laufe der Zeit. Neben großräumigen Landschaftsveränderungen ist die Strömung auch im Kleinen wirksam: Prallhänge, Uferabbrüche und Kolke sind sichtbare Beispiele für kleinräumige Erosionsvorgänge, Gleithänge und Inselbildungen für Sedimentation.

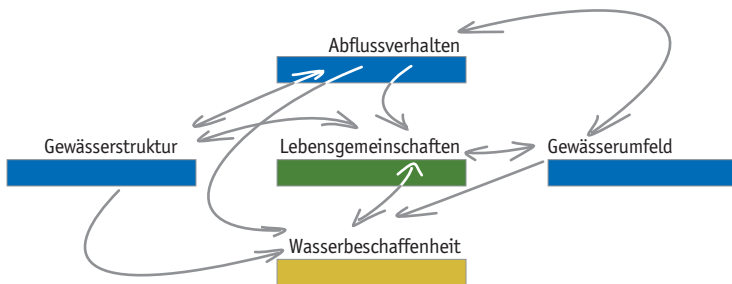


Abb. 1-1 Ökosystem Fließgewässer: Abiotische und biotische Faktoren (aus: BORCHARDT 1998)

Fließgewässer stehen in enger Wechselwirkung mit der umgebenden Landschaft. Abhängig von der Talform, dem Gefälle und der Wassermenge ist die Strömung als entscheidende formende und ökologisch wirksame Kraft in Fließgewässern unterschiedlich stark ausgeprägt. Strömung, Gewässerstruktur und die umgebende Landschaft bestimmen zusammen mit der physikalischen und chemischen Wasserbeschaffenheit als abiotische Faktoren die Lebensbedingungen für Pflanzen und Tiere und damit die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften.

Raumeinheit:	Flussgebiet	Flusssegment	Flussabschnitt	Flusssequenz	Kleinhabitate
Räumliche Ausdehnung:	1 Kilometer	100 Meter	10 Meter	1 Meter	10 Zentimeter
Zeitliche Stabilität:	1.000 - 1.000.000 Jahre	1.000 - 10.000 Jahre	10 - 1.000 Jahre	1 - 10 Jahre	1 Monat - 1 Jahr

Flussabschnitt	Flusssequenz	Kleinhabitate
		<ul style="list-style-type: none"> <li> Steine</li> <li> Kies</li> <li> Sand</li> <li> Feindetritus</li> <li> Totholz</li> <li> Grobdetritus Blätter</li> </ul>

#### räumliche/zeitliche Variabilität

Abb. 1-2 Struktur und Dynamik von Fließgewässern. Fließgewässer sind dynamische, sich räumlich und zeitlich verändernde Systeme. Wesentlicher Motor für die Veränderungen ist die einseitig gerichtete Strömung. Die Veränderbarkeit nimmt von links nach rechts zu. (nach FRISSEL et al. 1986, verändert)

# Bach, Landschaft und Gewässerstruktur



## Zonierung von Fließgewässern

Je nach Neigung des durchflossenen Geländes und der Beschaffenheit des Untergrundes ergeben sich durch diese Vorgänge großräumig charakteristische Erscheinungsformen des Flusslaufes. Sie lassen sich als Ober-, Mittel- und Unterlauf voneinander abgrenzen.

In den Fließgewässeroberläufen der Gebirgsregionen ist aufgrund des starken Gefälles die Strömung so stark, dass Steine und Geröll mitgerissen werden. Die Erosion überwiegt, so dass im Laufe der Zeit enge Täler entstanden sind, in denen der Bach mehr oder weniger gestreckt verläuft. Beim Eintreten in flachere Landschaften wird die Strömung gebremst und der Gewässerlauf teilt sich in mehrere Arme auf. In der Furkationszone verliert der Fluss mit der Fließgeschwindigkeit auch an Schleppkraft. Es herrscht ein Gleichgewicht zwischen Erosion und Sedimentation. Inseln und Kiesbänke entstehen, die immer wieder umgelagert werden. Wird das Gefälle dann noch geringer, nagt die Strömung weniger an der Gewässersohle, sondern vor allem am Ufer. Durch Seitenerosion entstehen weite Mäander.

Im Unterlauf bis zur Mündung fließt das Wasser dann durch flaches Land und es überwiegen Sedimentationsvorgänge. Deshalb haben große Flüsse meist ein weit verzweigtes, in das Meer hineinwachsendes Delta; entstanden durch Substrate, die der Fluss auf seinem Weg durch die Landschaft mit sich getragen und dann abgelagert hat.

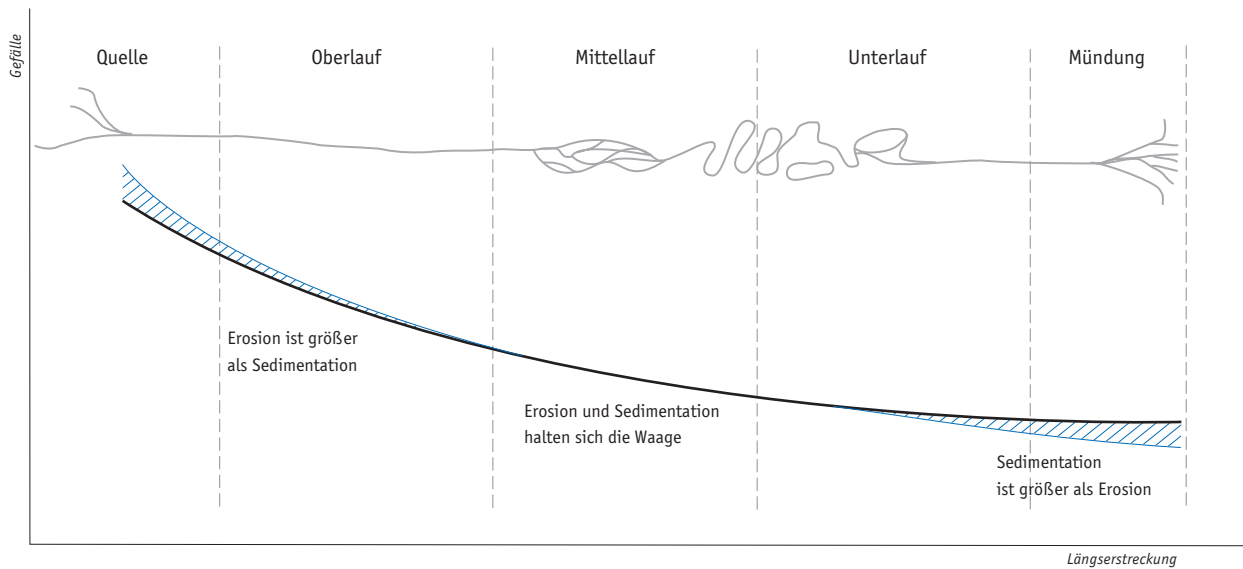


Abb. 1-3 Längszonierung eines Fließgewässers mit Ober-, Mittel- und Unterlauf





### Natürliche Selbstregulation

Die natürliche Dynamik und Strukturvielfalt ist wesentliches Kennzeichen ökologisch intakter Fließgewässer. Nur wenn klein- und großräumig eine große Anzahl unterschiedlichster Strukturen vorhanden sind, kann sich eine artenreiche Tier- und Pflanzenwelt ansiedeln (► KAP. 2 LEBENSRAUM BACH).

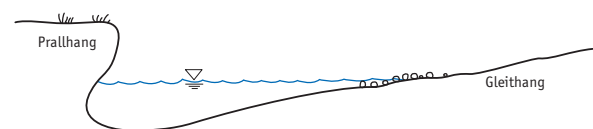
Der natürlichen Dynamik ist es auch zu verdanken, dass Fließgewässer verschiedenste Belastungen abpuffern und sich auch nach Eingriffen durch den Menschen in gewissem Maße selbst regenerieren können – besser als viele andere Ökosysteme.

Wird ein begradigter Fluss sich selbst überlassen, das Ufer nicht mehr gemäht, umgestürzte Bäume nicht entfernt und werden Uferabbrüche zugelassen, so wird der Fluss über kurz oder lang sein Aussehen verändern und naturnahe Strukturen ohne fremde Hilfe ausbilden. Diese einfachste und billigste Form der Renaturierung ist jedoch nur möglich, wenn regelmäßig Hochwässer auftreten, die stark genug sind, um Uferabbrüche, Laufverlagerungen und andere Strukturveränderungen zu verursachen.

Die Fähigkeit zur Selbstregulation hat also Grenzen und ist an naturnahe Gewässerstrukturen gebunden. So funktioniert die natürliche Selbstreinigung in flachen Gewässern mit viel Steinen, Kies, Totholz wesentlich besser als in ausgebauten Betongerinnen, weil eine wesentlich höhere Aufwuchsfläche für die beteiligten Mikroorganismen zur Verfügung steht und die Sauerstoffversorgung günstiger ist (► M 5.4 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DES GEWÄSSERAUSBAUS). Auch sind genügend ► REFUGIALRÄUME für Tiere wichtig, von denen aus nach Störfällen z. B. nach einem extremen Hochwasser oder einer schweren Wasserverunreinigung der Bach wieder besiedelt werden kann. Schließlich sind natürlich strukturierte Fließgewässer auch für den gesamten Wasserhaushalt – vor allem die Grundwasserneubildung – von großer Bedeutung.

Weil das äußere Erscheinungsbild der Bäche und Flüsse wichtige Informationen über deren ökologische Funktionsfähigkeit gibt, ist die Gewässerstrukturgütekartierung, die Hessen als erstes Bundesland flächendeckend durchgeführt hat, ein entscheidender Baustein für die ganzheitliche, ökologische Bewertung von Fließgewässern (► KAP. 10 GEWÄSSERGÜTEBEWERTUNG) und wichtige Grundlage für den Schutz und die Wiederherstellung ökologisch intakter Fließgewässer.

Querschnitt



Aufsicht

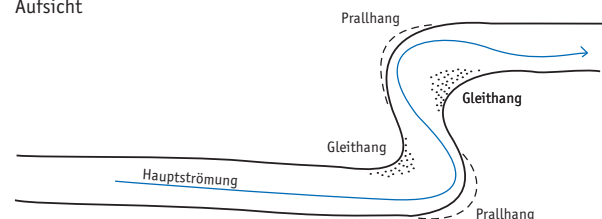


Abb. 1-4 Prallhang und Gleithang. Der Prallhang entsteht durch Seitenerosion, am Gleithang werden Sedimente abgelagert (Sedimentation)

# Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

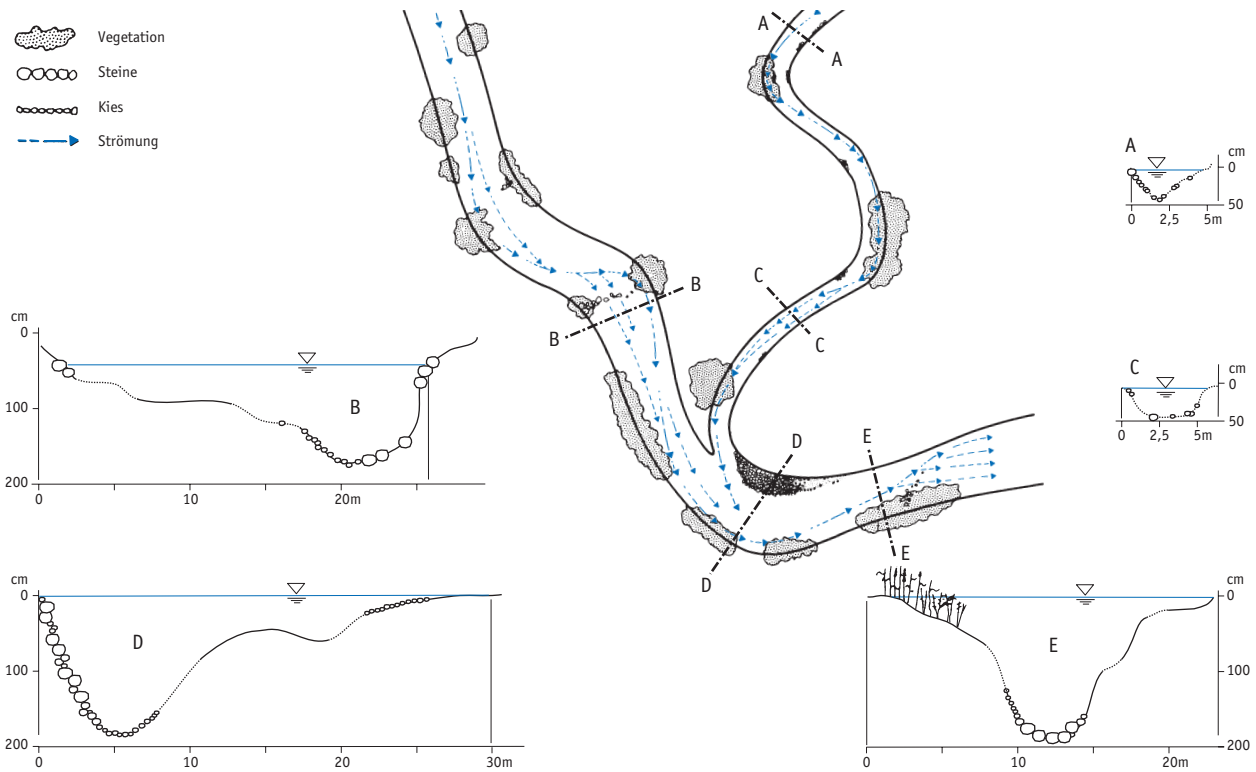


Abb. 1-5 Ein natürlich strukturierter Bach ist reich gegliedert. Deshalb gibt es eine Vielfalt charakteristischer Querschnitte. Das Einheitsprofil gibt es nur bei ausgebauten Bächen und ist ein schwerer Eingriff in die natürliche Gewässerstruktur (aus BLAB 1993 nach IELEK 1979, verändert).

## Merkmale eines ökologisch intakten Fließgewässers

### Natürliche Dynamik

- eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen und weiträumigen Gewässerstruktur

### Struktur-, Biotop- und Artenvielfalt

- selbständige Bildung und Regeneration einer großen Anzahl gewässertypischer und gewässerbegleitender Biotope (Auwälder, Altarme, Feuchtgebiete, Kiesbänke etc.)

### Fähigkeit zur Selbstregulation

- strukturbedingte Fähigkeit der Gewässerbiozönose, natürliche oder anthropogene „Störungen“ zu kompensieren und so die Biotop- und Artenvielfalt zu erhalten
- Fähigkeit des Gewässers (anthropogene) organische Belastungen mikrobiell abzubauen (= natürliche Selbstreinigung)

Literatur

FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER (1993): Fließgewässertypologie. Ecomed-Verlag, Landsberg.  
 LAWA (2000): Die Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittlere Fließgewässer. Berlin.



► M 1.1

## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Eine Bachgeschichte

#### Zielgruppe

Klasse 5-7

#### Fachbezug

Deutsch, Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

#### Ziele

- an das Thema Fließgewässer heranzuführen
- Längserstreckung und ständige Veränderung als Wesensmerkmal von Fließgewässern erkennen
- Einflüsse von Menschen auf Fließgewässer bewusst machen
- Arbeitsmöglichkeiten und Themenschwerpunkte zur Unterrichtseinheit „Bach“ festlegen und eingrenzen

#### Durchführung

Die Geschichte wird vorgelesen. Danach werden die möglichen Interessens- und Themenschwerpunkte zur Unterrichtseinheit „Bach“ diskutiert. Auch die Fotos von ► FOLIE 1 und ► FOLIE 4 (Anlagen) können dabei betrachtet werden. Die im Folgenden vorgestellten Varianten zur Bachgeschichte, in der die Schülerinnen und Schüler zu kreativem Schreiben angeleitet werden, sind für alle Altersstufen geeignet, besonders, wenn ein längeres Bachprojekt mit viel Freilandarbeit geplant ist. Alle Arbeitsvorschläge sollten mit einem längeren Aufenthalt im Freien verbunden werden, z. B. mit einer Wanderung oder Fahrradtour entlang eines Baches.

##### ● Variante 1: Fortsetzungsgeschichte schreiben

Der Lehrer oder die Lehrerin liest nur den Anfang der Bachgeschichte vor (bis zum ersten Absatz: „Erlen säumen den Weg des Baches...“). Dann schreiben die Schülerinnen und Schüler eine Fortsetzungsgeschichte, in der sie den weiteren Weg des Baches bis zur Mündung in das Meer nach ihren Vorstellungen beschreiben. Dieser Ansatz ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, sich ihre eigenen Vorstellungen über einen Bach bewusst zu machen. Aus dem Vergleich der sicher sehr unterschiedlichen Geschichten wird die Vielfältigkeit des Themas Fließgewässer deutlich und damit das breite Spektrum der Arbeitsmöglichkeiten.

##### ● Variante 2: Bachmeditation

Eine andere Möglichkeit das Thema einzuführen ist eine Bachmeditation. Die Bachmeditation sollte im Freien, am Bach durchgeführt werden. Die Schülerinnen und Schüler bekommen durch die direkte Wahrnehmung der Geräusche und Gerüche einen besonderen, emotionalen Zugang zum Thema.

##### ✓ Am Bach entlang...

Setze Dich an eine schöne Stelle am Bach.  
Schließe die Augen... Höre auf die Geräusche...  
Welche Geräusche kommen vom Bach, welche von Tieren, welche von Menschen? Wie verändern sie sich?  
Nimm die Gerüche wahr...  
Stell Dir vor,  
... wie es an der Quelle des Baches aussieht, wie er dann weiterfließt  
... wie er seinen Weg durch die Landschaft nimmt, größer und breiter wird...  
... wie er in den nächsten Fluss einmündet...  
... dieser in einen noch größeren Fluss...  
... und wie dieser schließlich im Meer ankommt.  
Stell Dir die Tiere vor,  
... die in dem Bach leben  
... an den Bach kommen und wieder gehen, fortfliegen, fortschwimmen...  
Stell dir vor,  
... wie der Bach in früheren Zeiten ausgesehen hat, als es noch keine Menschen gab.  
Stell Dir nun noch einmal – ohne die Augen zu öffnen – die Stelle vor, an der du sitzt und dem Bach zuhörst.  
✗ Beschreibt einander eure Gedanken oder schreibt eine Phantasiegeschichte zum Thema Bach auf und lest sie vor.  
Worin unterscheiden sich die Geschichten? Welche Assoziationen sind ähnlich, welche unterschiedlich?

In der Bachgeschichte, wie sie hier vorgeschlagen wird, sollten die Schülerinnen und Schüler ihren Gedanken freien Lauf lassen können. Es kommt weniger auf die sachliche Richtigkeit der Geschichten an, sondern es soll die Möglichkeit eröffnet werden, die durch die Bachmeditation hervorgerufenen Gedanken und Assoziationen kreativ schreibend umzusetzen.

##### ● Variante 3: Gedichte schreiben

Eine Bachmeditation kann auch zum Dichten inspirieren. Eine einfache Gedichtform auch für Ungeübte und Gelegenheitsdichter, sind „Elfchen-Gedichte“. Ein „Elfchen“ ist ein Gedicht aus 11 Wörtern/Assoziationen, die nacheinander versartig angeordnet sind. In die erste Zeile schreibt man ein Wort, in die zweite zwei, dann drei, dann vier. Das Elfchen schließt mit dem Eingangswort.

##### ✓ Beispiel für ein „Elfchen“

bach  
wasser plätschern  
säuseln rauschen steine  
bremsen lenken wasser ströme  
bach

#### Ergänzungsmaterial

- M 4.1 WAS MACHT DER MENSCH MIT BACH UND FLUSS?
- FOLIE 1 GESICHTER HESSISCHER FLIESSGEWÄSSER
- FOLIE 4 GEWÄSSERBELASTUNGEN/GEWÄSSERAUSBAU

## Eine Bachgeschichte



Irgendwo im Wald an einem schattigen Hang, umstanden von Buchen und Eichen entspringt ein kleiner sprudelnder Quell. Leise murmelnd nimmt das Wasser seinen Lauf den Berg hinunter, bildet kleine Pools, in denen Feuersalamanderlarven herumwuseln, umfließt Steine und Moospolster und wird ab und zu besucht von durstigen Insekten und Vögeln. Ganz allmählich verbreitert sich das Quellbächlein, bekommt Zuwachs rechts und links von anderen Quellen und tritt als richtiger Bach heraus aus dem Schatten des Waldes. Hier windet sich das Wasser in sanften Schlingen durch die Wiesenlandschaft. Erlen säumen den Weg des Baches ...

### Wie könnte es weitergehen ... ?

Doch plötzlich wird es kahl um den Bach, die meisten Bäume wurden gefällt, weil sie auf den Äckern, die nun folgen, unnötig Schatten werfen würden. Der Bach ist gerade geworden, seine Ufer mit großen Steinen, Ziegeln und Bauschutt notdürftig befestigt. Ab und zu mündet ein Drainagerohr und zweimal wird der Bach selbst zum Rohr, weil eine Straße und ein Feldweg seinen Lauf kreuzen. Das Wasser plätschert über Steine, Bauschuttreste, Coladosen und Schlammansammlungen. Hier und da flitzt eine Forelle vorbei bis plötzlich eine streng riechende Jauchefahne in den Bach sickert. Nur durch einen Streifen Brennnesseln vom Bach getrennt liegt ein Misthaufen, der bis zum Ausbringen auf dem Acker zwischenlagert. Im Frühling und im Sommer gibt es auch mal eine besondere Dusche, wenn der Trecker mit der weit ausladenden Spritzmaschine seine Kurven auf dem Acker dreht.

Allmählich fließt das Wasser langsamer, ein Teil wird in den Mühlgraben umgeleitet, der früher mit beeindruckenden Kopfweiden bestanden war. Die gibt es inzwischen genausowenig wie die Mühle. Jetzt treibt das Wasser des Mühlgrabens, nachdem es durch ein stählernes Rohr geflossen ist, eine Turbine an: Wasser hat Kraft.

Der Rest des Baches stürzt über einen hohen Absturz in eine tiefe Rinne, die fest ausbetoniert ist. Und wieder: links und rechts Rohre – das eine leitet das Regenwasser von der Straße in den Bach – das andere kommt gar aus der Kanalisation. Ein paar Fetzen Klopapier am Schutzgitter der Rohrmündung zeugen davon, dass es erst vor kurzem heftig geregnet hat. Nach wenigen 100 Metern verschwindet der Bach ganz und gar in einer großen Betonröhre. Will das Dorf nichts mehr von ihm wissen?

Doch, er kommt wieder zum Vorschein, am Ende des Dorfes und fließt nun auf einer Betonsohle. Das Ufer ist mit Gras bewachsen, das dreimal im Jahr gemäht wird. Von links mündet der Ablauf der Kläranlage. Das leicht getrübte Wasser fließt weiter bis zum nächsten Bach, der aus dem anderen Tal kommt und Ähnliches erlebt hat.

Unser Bach ist nun zu Ende, doch sein Wasser fließt noch weiter, es muss noch manchen Abwasserstoß erdulden, fließt meist träge dahin; nur hin und wieder durch den Sturz über eine Staustufe aufgeschreckt. Später muss es Kraftwerke kühlen, Boote und Schiffe tragen, Turbinen antreiben. Irgendwann ist es nur noch ein winziger Teil eines großen Stromes, der eingedeicht dem Meer entgegenfließt...

### Aufgaben

1. Eine Ausnahme? Wandert euren Bach entlang oder verfolgt seinen Weg auf einer Karte. Woher kommt er? Wohin fließt er? Schreibt den Verlauf eures Baches in einer Geschichte auf.
2. Stellt eine Themenliste zur Unterrichtseinheit „Bach“ zusammen. Welche Fragen habt ihr? Was sollte vertieft werden?



## ► M 1.2

**Zielgruppe**

Klasse 5-7

**Ziele**

- spielerisches Erkunden des Ökosystems Bach, Naturerleben
- sinnliche und ästhetische Wahrnehmung fördern

**Material**

- weiße Tücher, weiße Schalen
- Gummistiefel
- weiteres Material nach Bedarf (Lupen gläser und Material zum Aufsammeln von Pflanzen und Tieren)

**Allgemeine Hinweise**

Anleitungen für spielerisches Erkunden und Erleben der Natur gibt es mittlerweile in großer Zahl. Der Naturerlebnispädagogik liegt die Idee zu Grunde, dass intensive Naturerlebnisse wichtige Voraussetzung für eine positive Einstellung zur Natur und damit konstitutives Element in der Umwelterziehung sind („Nur was ich kenne und liebe, bin ich bereit zu schützen“). Kinder und Jugendliche haben immer weniger Möglichkeiten, „einfach so“ am Bach zu spielen, zweckfrei tätig zu sein und mit dem Element Wasser zu experimentieren. Die Schule sollte hier Möglichkeiten eröffnen und Anregungen geben: z.B. bei Projektwochen, auf Klassenfahrten und auf Wandertagen.

Viele Natur-Erlebnis-Spiele gibt es zum Thema Wald, sie lassen sich jedoch leicht für das Thema Bach abwandeln, wie die hier angeführten Beispiele zeigen. Dem Erfindungsreichtum sind keine Grenzen gesetzt. Die Idee zum Spiel „Mini-Naturschutzgebiet“ kommt von W. ELLENBERGER.

**Durchführung**

Die Spiele sind gut für einen Einstieg in die Freilandarbeit geeignet. Die optimale Gruppengröße liegt bei 8-12 Personen.

● **Weitere Spielmöglichkeiten**

- Rindenboote bauen
- verschiedene Gegenstände auf dem Wasser treiben lassen (Fließgeschwindigkeit messen und Strömungsvielfalt bestimmen)
- Wasserräder bauen und ausprobieren

Literatur:

NEUMANN, A; NEUMANN, B (2003): *Wasserführungen. Das ganze Jahr Naturerlebnisse an Bach und Tümpel*. Ökotopia Verlag. Münster.

## Spiele am Bach



### Sachensucher am Bach

Die Mitspieler bekommen den Auftrag, in Gruppen oder einzeln nach bestimmten Dingen im Bach zu suchen. Zum Beispiel:

- 5 verschiedene Blätter von Ufer- und Wasserpflanzen
- 5 verschiedene Tiere (in Lupengläsern mit Wasser ausstellen und beobachten)
- 5 verschieden aussehende Steine, Blätter in verschiedenen Zersetzungsformen
- Treibholz
- Spuren von Tieren (z.B. Feder, Köcherfliegenköcher, Exuvie einer Libelle)
- Spuren von Menschen (z.B. Coladose)

Jedes Sammelergebnis wird jeweils auf einem weißen Tuch oder in einer weißen Schale ausgestellt. Wer hat die schönste Ausstellung? Wie heißen die Pflanzen und Tiere? (Phantasienamen ausdenken oder bestimmen).

### Bach-Kim

Es werden zwei Gruppen gebildet. Gruppe 1 ordnet die Gegenstände vom Bach (z.B. aus der Bachausstellung) auf dem Tuch an. Gruppe 2 prägt sich die Anordnung auf dem Tuch genau ein und geht weg.

Gruppe 1 verändert die Anordnung der Gegenstände auf dem Tuch (etwas Neues hinzufügen, einen Gegenstand wegnehmen oder anders anordnen). Dabei ist eine kleine Veränderung wirkungsvoller und genauer zu benennen als eine vollständige Umordnung!

Gruppe 2 versucht herauszufinden, was verändert wurde. Dann wird gewechselt...

### Mini-Naturschutzgebiet

Alle kennen Naturschutzgebiete. Bei diesem Spiel soll am Bach ein Mini-Naturschutzgebiet entdeckt und erforscht werden.

Jede Gruppe zu 3-5 Personen sucht sich einen kleinen Ausschnitt von etwa 1x1 m am oder im Bach aus, die ihr besonders gut gefällt und schützenswert erscheint, z.B. eine Kiesbank, ein Steilufer, ein umgestürzter Baum oder ein kleiner Wasserfall. Die Grenzen des neuen Naturschutzgebietes werden mit Stöckchen und Bändern oder Fähnchen markiert, um dann seine Besonderheiten zu erforschen: Welche interessanten Einzelheiten gibt es? Welche Pflanzen, Tiere oder Spuren davon sind zu finden? Dabei sind der Phantasie – für den der möchte – keine Grenzen gesetzt. Der kleine Wasserfall wird zum Niagara-Fall, Wassertiere zu Krokodilen, ein Stück Totholz zum umgestürzten Urwaldbaum. Natürlich muss das neue Naturschutzgebiet auch einen Namen haben. Am Schluss stellen die einzelnen Gruppen sich gegenseitig ihre Mini-Naturschutzgebiete mit allen Details vor.

### Sachensucher am Bach

Der Spielleiter sammelt auf einem weißen Tuch Naturdinge, die in oder am Bach zu finden sind (Blätter verschiedener Uferpflanzen, Steine, Hölzer, Köcherfliegengehäuse, etc.). Zu zweit suchen die Spieler jeweils die entsprechenden Gegenstände am Bach (ein Blatt der gleichen Pflanze, einen ähnlich geformten Stein, etc.) und legen sie daneben. Eine Bachausstellung entsteht.

Wo sind die Gegenstände zu finden?  
Wie heißen die Pflanzen und Tiere?





► M 1.3

## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Einen Bachausschnitt zeichnen

#### Zielgruppe

Sek. I + Sek. II

#### Fachbezug

Erkunde, Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Kunst

#### Ziele

- strukturelle Vielfalt eines Baches erkennen und sinnlich erfahren
- ökologische Bedeutung naturnaher, strukturreicher Fließgewässer erkennen
- genaues Beobachten und maßstabgetreues Zeichnen

#### Allgemeine Hinweise

Die maßstabgetreue Aufsicht-Zeichnung eines Baches lohnt sich vor allem bei naturnahen, reich strukturierten Bächen und kann je nach Altersgruppe, Zeitrahmen und individueller Zielsetzung sehr variiert werden. Es können kurze und längere Abschnitte gezeichnet werden. Grundsätzlich sollten die Bachabschnitte für die Zeichnungen sorgfältig ausgewählt werden und wirklich bemerkenswerte Strukturen aufweisen, sonst wird das Zeichnen langweilig. Wichtig ist, dass die Details möglichst sorgfältig und mit klar erkennbaren Symbolen zeichnerisch umgesetzt werden.

Der Bachabschnitt für ein kürzeres Längsprofil (wie im Arbeitsblatt vorgeschlagen) sollte verschiedene Kleinstrukturen (Steine, Totholz, mosaikartige Substratverteilung, Kaskaden, etc.) aufweisen.

Größere Strukturen wie Mäander, Prallhang-Gleithang, Verengung, Fließwechsel, Kiesbänke werden deutlich, wenn längere Abschnitte (20-100 m) gezeichnet werden. Auch können thematisch unterschiedliche Längsprofile mit den Besonderheiten der Gewässersohle bzw. des Strömungsbildes aufgezeichnet werden (siehe Beispiele). Dies kostet allerdings mehr Zeit und lohnt sich vor allem bei Projektunterricht oder für individuelle Facharbeiten.

✓ Beispiele für Längsverlauf-Zeichnungen

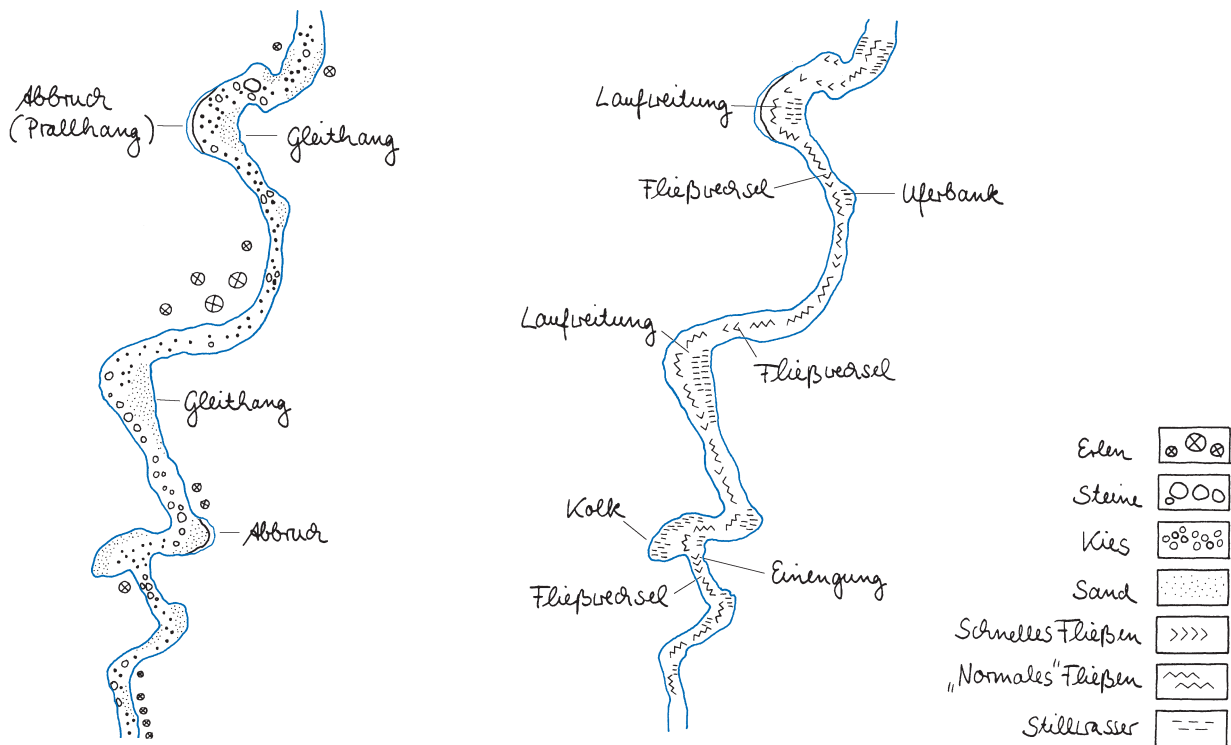


Abb. 1-6 Gewässersohle und Uferstrukturen

Strömungsbild



## Einen Bachausschnitt zeichnen

Material

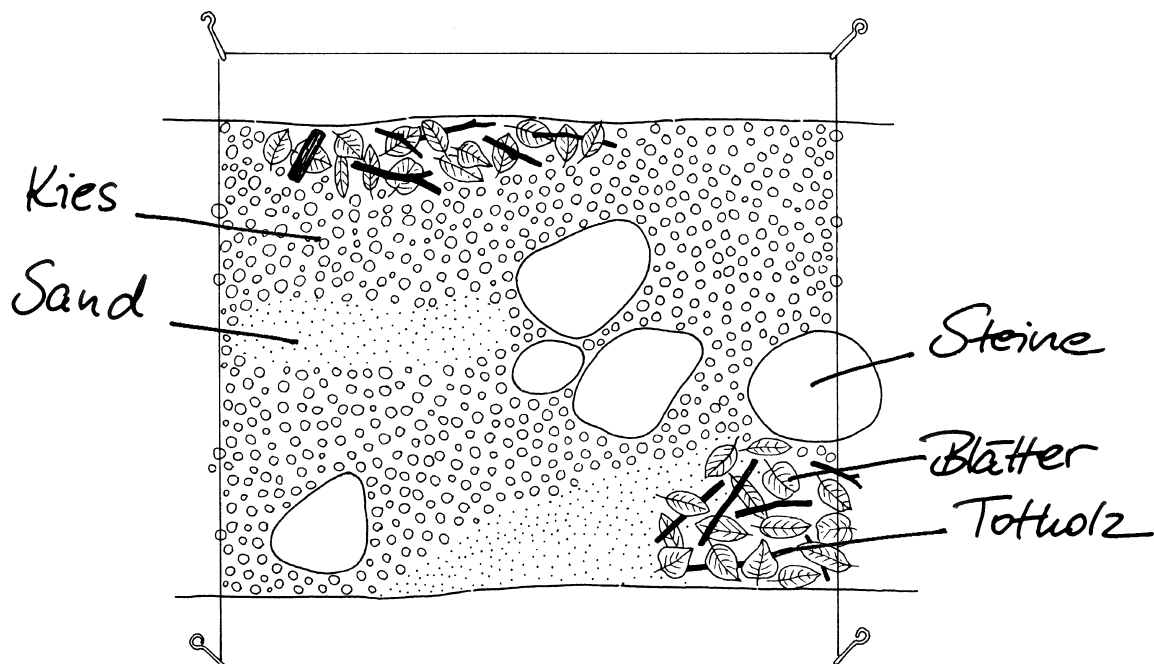
- Maßband (2-10 m) oder Zollstock
- Band oder stabile Schnur (möglichst farbig)
- Stöcke oder Camping-Heringe zum Markieren
- Kariertes Papier, Bleistift, Klemmbrett, Geodreieck
- Gummistiefel

Arbeitet am besten zu zweit:

Aufgaben

1. Sucht euch einen typischen Bachabschnitt für die Kartierung aus. Der Bach sollte nicht breiter als 2 m und nicht zu tief sein, der Gewässergrund noch zu sehen.
2. Messt eine 1-2 m lange Gewässerstrecke für die Kartierung ab und markiert die Eckpunkte mit Stöcken, verbindet sie mit der Schnur, so dass ein Planquadrat(rechteck) entsteht. Zusätzliche Schnüre als „Hilfslinien“ erleichtern das maßstabgetreue Zeichnen.
3. Zeichnet den markierten Ausschnitt des Baches maßstabgetreu mit all seinen Strukturen.

Ein Bachausschnitt – Beispiel für eine Zeichnung







► M 1.4

## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Ein Bach im Querschnitt

#### Zielgruppe

Sek. I + Sek. II

#### Fachbezug

Erdkunde, Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

#### Ziele

- strukturelle Vielfalt eines Baches erkennen und erfahren
- genaues Beobachten, Umgang mit Messeinrichtungen
- maßstabgetreues, symbolhaftes Zeichnen einüben
- sinnvolle Arbeitsteilung in der Gruppe vornehmen

#### Allgemeine Hinweise

Das Zeichnen von Bachquerschnitten ist eine gute Methode, um die Strukturvielfalt naturnaher Bäche (bzw. die Eintönigkeit ausgebauter Bäche) zu veranschaulichen und zu dokumentieren. An einem naturnahen Bach sieht kaum ein Querprofil wie das andere aus. Das wird den Schülerinnen und Schülern spätestens dann deutlich werden, wenn sie aufgefordert werden, einen „typischen“ Bachquerschnitt zu zeichnen, denn dann werden sich mehrere Möglichkeiten eröffnen (► Abb.1-5).

Wichtig ist, dass bei den Zeichnungen die Details möglichst sorgfältig und mit klar erkennbaren Symbolen dargestellt und umgesetzt werden.

#### Durchführung

In Dreiergruppen (zwei messen, eine(r) führt Protokoll). Im Freiland wird nur eine Skizze angefertigt, die Ausführung der Zeichnung braucht Zeit und Geduld (Hausaufgabe!).

#### Vertiefungsmöglichkeiten

Von einem reich strukturierten Bachabschnitt werden von mehreren Gruppen verschiedene Querschnitte angefertigt (z.B. Prallhang-Gleithang, Verengung, Aufweitung), die dann im Plenum verglichen werden. Sehr anschaulich ist die Zusammenstellung eines Längsprofils und mehrerer Querschnitte auf einer Plakatwand als Gemeinschaftswerk.

✓ Beispiele für Querschnittszeichnungen

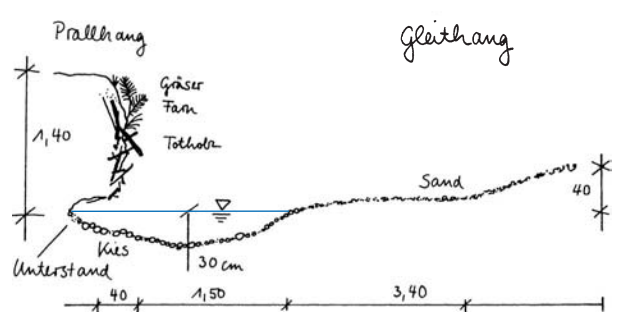


Abb. 1-7 Querschnitt eines naturnahen Baches mit Prallhang und Gleithang

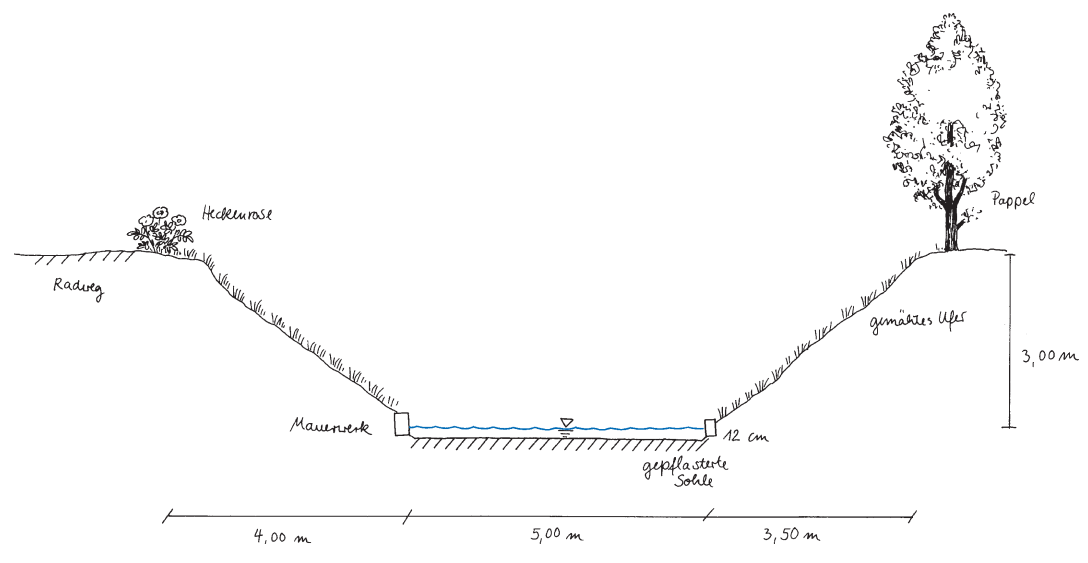


Abb. 1-8 Querschnitt eines ausgebauten Baches in einer Ortschaft

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



## Ein Bach im Querschnitt

Material

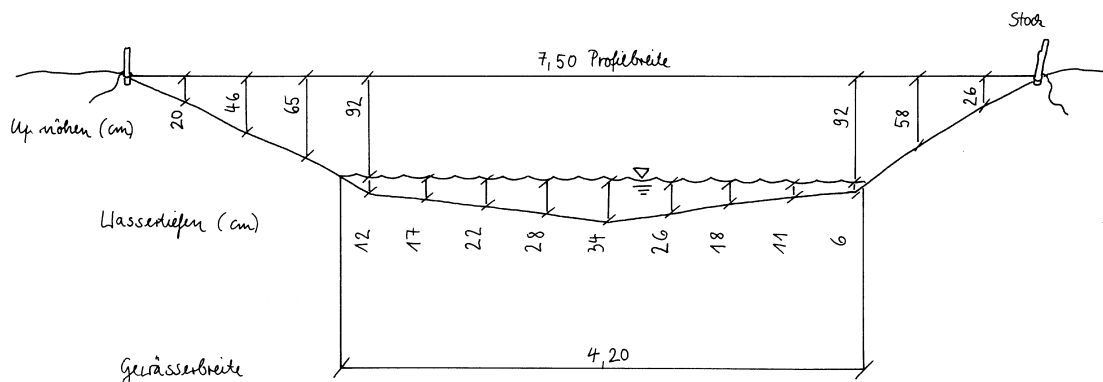
- Zollstock oder Besenstiel mit cm-Einteilung, bei breiten Gewässern Lot
- Seil oder stabile Schnur mit farbigen Markierungen aus wasserfestem Isolierband (je nach Breite des Gewässers alle 10-50 cm)
- Pflöcke oder Camping-Heringe zum Feststecken der Schnur
- Kariertes Papier, Bleistift, Geodreieck, Klemmbrett
- Gummistiefel

Aufgaben

Arbeitet am besten zu dritt: zwei Personen messen, die dritte führt Protokoll:

1. Spannt eine Schnur von einem zum anderen Ufer und befestigt sie an beiden Enden.
2. Geht (am besten zu zweit) an der Schnur entlang und vermisst an den Markierungen
  - a) die Wassertiefe
  - b) die Uferhöhe
 Beide Werte sind wichtig, um die Eintiefung des Gewässers im Verhältnis zum Umland deutlich zu machen. Die Werte an jeder Markierung werden notiert.
3. Zeichnet den Querschnitt maßstabgetreu mit allen wichtigen Strukturen (Wasserspiegel, Steine, Kies, Sand, Bäume, Gras, etc.) Überlegt dazu passende Symbole.

So wird ein Querschnitt vermessen:





► M 1.5

## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Strukturvielfalt eines Baches erkunden

#### Zielgruppe

Sek. I + Sek. II

#### Fachbezug

Erdkunde, Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- Strukturmerkmale kennen- und benennen lernen
- genaues Beobachten
- erkennen, dass Strukturvielfalt konstitutives Merkmal eines naturnahen Baches ist und bei ausgebauten Bächen verloren geht

#### Material

- Klemmbrett, Bleistift, Protokollbogen

#### Allgemeine Hinweise

Die verschiedenen Strukturen werden manchmal nicht eindeutig zuzuordnen sein und die Zählungen werden zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Insgesamt kommt es nicht auf die absoluten Zahlen, sondern in erster Linie auf das Beobachten und Zuordnen der verschiedenen Strukturen an.

#### Vorbereitung

Bevor die Schülerinnen und Schüler den Protokollbogen ausfüllen und zu zählen beginnen, sollte der Lehrer/die Lehrerin die einzelnen Gewässerstrukturen des Protokollbogens beispielhaft am Bach zeigen und erklären.

#### Durchführung

In Zweiergruppen laufen die Schülerinnen und Schüler einen definierten Bachabschnitt entlang (ca. 100 m, nicht länger) und zählen die jeweils vorhandenen Strukturen. Wenn eine Struktur nur in Ansätzen vorhanden ist, sollte dies vermerkt werden.

#### Ergänzungsmaterial

► M 11.1 GEWÄSSERSTRUKTUR UND GEWÄSSERUMFELD BEWERTEN



## Strukturvielfalt eines Baches erkunden

Aufgabe 0

Gehe an einem Bach einen 100 m langen Abschnitt entlang und zähle alle besonderen Strukturen, die den Bachlauf und das Ufer prägen. Mache für jede deutlich erkennbare Struktur einen Strich in der Tabelle. Vergleiche einen naturnahen und einen begradigten Bachabschnitt.

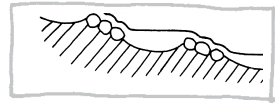
Datum: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

Naturnaher Bachabschnitt	Begradigter Bachabschnitt
-----------------------------	------------------------------

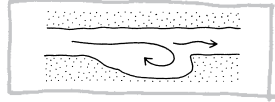
### Im Wasser

**Fließwechsel** Deutlich erkennbarer Wechsel von Stromschnellen und einer Zone langsam fließenden Wassers.



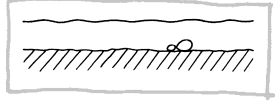
--	--

**Kehrwasser** Bereiche, in denen das Wasser entgegen der Fließrichtung strömt, meist in Uferbereichen zu finden.



--	--

**Stillwasser** Bereiche, in denen das Wasser nicht strömt.



--	--

### Im Bachlauf



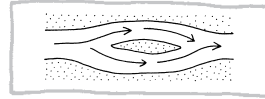
**Treibholzansammlungen, Sturzbäume** Ansammlungen von Totholz, das die Strömung des Wassers entscheidend umlenkt.

--	--



**Steinblöcke** Große Steine, die die Strömung des Wassers entscheidend umlenken.

--	--



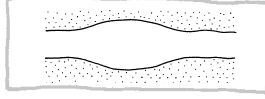
**Inselbildungen, Kiesbänke** Müssen bei mittlerem Wasserstand deutlich zu erkennen sein.

--	--



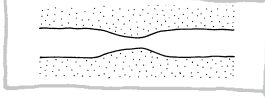
**Kaskaden** Abfolge von natürlichen treppenähnlichen „Wasserfällen“ durch Fels oder Stein, häufig in naturnahen (Mittel-)gebirgsbächen.

--	--



**Laufweitungen** Der Bach ist auf mehr als das Doppelte seiner durchschnittlichen Breite erweitert.

--	--



**Laufverengungen** Der Bach ist auf weniger als die Hälfte seiner durchschnittlichen Breite verengt.

--	--

### Am Ufer

Prallhang



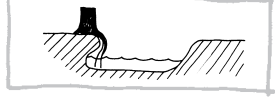
--	--

Gleithang



--	--

**Unterstand (z.B. Erlenwurzeln)** Unterspülter Uferbereich, wird gern von Fischen als Unterstand genutzt



--	--



► M 1.6

## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Ein Bach und sein Einzugsgebiet

#### Zielgruppe

Ab Klasse 8

#### Fachbezug

Erdkunde, Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- Umgang mit Landkarten/Karteninterpretation (Gewässer, Höhenlinien, Flächennutzung, etc.)
- erkennen, dass ein Gewässer eine Längsausstreckung hat und Teil eines größeren Gewässersystems ist
- charakteristische Kenngrößen einem Gewässer zuordnen

#### Material

- Topographische Karte, Maßstab 1:25.000 (bei größeren Gewässern entsprechend größeren Maßstab wählen)

#### Allgemeine Hinweise

Kartenarbeit ist für ältere Schülerinnen und Schüler im Zusammenhang mit dem Thema Fließgewässer unerlässlich. Für eine Unterrichtseinheit sollte das Einzugsgebiet des Untersuchungsgewässers oder zumindest eine längere Teilstrecke kopiert und im Klassenraum aufgehängt werden (ggf. Kartenausschnitte verkleinern und zusammenkleben). In dieser Karte können Probestellen, Fotos und Arbeitsergebnisse verzeichnet werden.

Vom Hessischen Landesvermessungsamt sind die amtlichen topographischen Karten Hessens als CD-Rom herausgegeben (Bezug siehe Anhang). Daraus lassen sich gezielt Kartenausschnitte anfertigen.

Das in ein Koordinatensystem gezeichnete Gewässerlängsprofil (siehe Beispiel auf Arbeitsblatt) greift Einzelheiten aus der Karte heraus und macht vor allem das Gefälle und die Längserstreckung des Fließgewässers deutlich. Außerdem zeigt es, dass der Bach auf seinem Weg durch die Landschaft sehr unterschiedlichen Einflüssen ausgesetzt ist. Die Längsprofilzeichnung kann während der gesamten Unterrichtseinheit immer wieder ergänzt werden. Zunächst werden Probestellen, dann je nach Unterrichtsschwerpunkt auch Flächennutzungen oder Abwassereinleitungen eingetragen.

#### Durchführung und Aufgabenstellungen

##### ● Kartenarbeit

- ✗ Suche auf der topographischen Karte den Bach. Woher kommt er, wohin fließt er? Verfolge seinen Weg bis zum Meer (Atlas zur Hilfe nehmen!).
- ✗ Beschreibe die Besonderheiten des Einzugsgebietes. (Geographie, Flächennutzung, Besiedlung, etc.) Mit statistischen Daten z.B. vom Umweltbundesamt oder der Statistischen Landesanstalt vergleichen. (Internet-)Adressen im ► Anhang.

✗ Bestimme mit Hilfe eines Fadens oder einem Rändelrädchens die Länge des Gewässers.

✗ Markiere die Fluss- bzw. (Bach-)kilometer auf der Karte durch einfache Striche. Beispiel: Auf einer topographischen Karte vom Maßstab 1:25.000 entspricht 1 cm = 250 m) Es ist günstig, die Gewässerkilometrierung von der Mündung bis zur Quelle festzulegen, da die Lage der Quelle nicht immer eindeutig ist, d.h. Fluss-km 0 liegt an der Mündung.

✗ Zeichne in ein Koordinatensystem ein Längsprofil eures Untersuchungsgewässers unter Beachtung der Höhenlinien ein. (x-Achse = Fluss-km, y-Achse = Höhenlinien; siehe Beispiel auf dem Arbeitsblatt)

✗ Trage im Laufe der Unterrichtseinheit in das Gewässerlängsprofil die wichtigsten Flächennutzungen (Wald, Wiese, Acker, Ortschaft, etc.), Einleitungen (Kläranlageneinleitung, Regenwassereinleitung) und sonstige Besonderheiten des Gewässers ein (Nebenbäche, Staustufen, Probestellen, etc.)

##### ● Ermittlung der Fläche eines Einzugsgebietes

Das Einzugsgebiet ist die Fläche, aus der alles Wasser einem Gewässer von der Quelle bis zur Mündung zufließt. Es wird begrenzt durch die höchsten Geländelinien im Umkreis des Gewässers und lässt sich somit anhand einer Karte bestimmen.

✗ Suche die Einzugsgebietsgrenze längs der höchsten Geländelinie (Höhenlinie) zum Nachbargewässer und zeichne sie mit roter Farbe ein. Das Gebiet innerhalb der roten Linie ist die Fläche des Einzugsgebietes.

✗ Zeichne auf eine Folie Rasterquadrate (2 cm Gitterabstand reichen für den Maßstab 1:25.000 aus) und lege die Folie über die Karte. Zähle die Rasterquadrate aus und bestimme daraus die ungefähre Fläche des Einzugsgebietes. (bei einer Karte vom Maßstab 1:25.000 entspricht 1 Raster von 2x2 cm = 4 cm² einer Fläche von 250.000 m² = 25 ha = 0,25 km²)



## Ein Bach und sein Einzugsgebiet

### Beispiel

Gewässername: *Losse*

Gewässerfolge: *Losse, Fulda, Weser, Nordsee*

Gesamtlänge: *25 km*

Ortschaften: *Fürstenhagen, Halsa, Kaufungen, Kased*

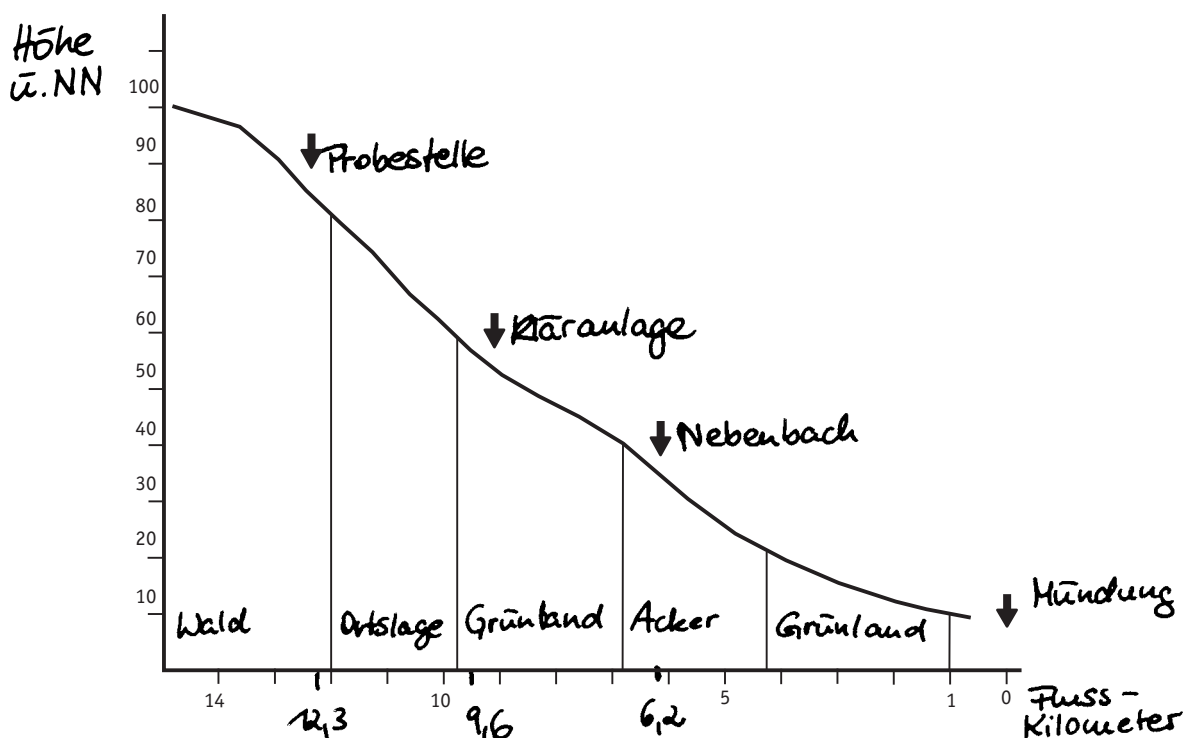
Nebenbäche: *Börnubach, Männerwasser, Hergesbach, Wedemanubach, Steiubach, Tbach, Leupersbach, Setebach, Diebachsgraben*

Größe des Einzugsgebietes: *118,3 km<sup>2</sup>*

Flächennutzung: *Wald, Grünland, wenig Ackerland*

Sonstiges:

### Längsprofil eines Fließgewässers:





► M 1.7

## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Natürlich – Was bedeutet das?

#### Zielgruppe

Klasse 5-13

#### Fachbezug

Biologie, Gemeinschaftskunde, Geschichte, Erdkunde, Kunst

#### Ziele

- erkennen, dass der Mensch gestaltend in Landschaften eingegriffen und dabei vor allem die Gewässer tiefgreifend verändert hat
- Ursachen und Wirkungen menschlicher Eingriffe auf Landschaften und Gewässer diskutieren und systematisieren
- den Begriff „Natürlichkeit“ in Bezug auf Landschaften und Gewässer objektivieren
- Bewertungskriterien für die Gewässerstrukturgüte selbst entwickeln

#### Allgemeine Hinweise

Die Abbildungen eignen sich besonders als Einstieg in eine Unterrichtseinheit zum Thema Fließgewässer. Dabei wird von Anfang an die Vielfältigkeit des Themas deutlich: es lassen sich biologische, geographische und historische Aspekte vertiefen. Das Verfahren der Bewertung durch Farben führt in die Thematik Gewässergütebewertung (► KAP. 10 UND 11) ein. Die Farbgebung entspricht den Farben der amtlichen Gewässergütekartens, die Begriffe werden bei der Strukturgütekartierung wieder aufgegriffen.

## Natürlich – Was bedeutet das?



### Aufgabenvorschläge

Die Bilder sollten zunächst ohne besondere Aufgabenstellung betrachtet, Eindrücke geschildert und dann Unterschiede zwischen den beiden Flusslandschaften im Unterrichtsgespräch gesammelt werden. In einer tabellarischen Gegenüberstellung können dann die Unterschiede zwischen einer natürlichen und einer naturfernen Flusslandschaft herausgearbeitet werden.

**X** Beschreibe die Unterschiede zwischen den beiden Landschaften!

	Bild 1	Bild 2
	Gesamteindruck	
<b>Gewässer</b>	Gewässerverlauf Länge des Flusses (mit Faden messen und vergleichen!)	
	Strömung	
	Nebenbäche	
<b>Ufer</b>	Ufer, Vegetation	
<b>Aue</b>	Ausbaumaßnahmen am Gewässer Nutzung der Aue; Landwirtschaft	
	Straßen, Versiegelung	
	Vielfältigkeit der Lebensräume; Lebensmöglichkeiten für Tiere	

**X** Male die beiden Landschaften mit folgenden Farben aus:

Blau = natürlich  
 Grün = wenig verändert  
 Gelb = deutlich verändert  
 Orange = sehr stark verändert  
 Rot = vollständig verändert

Sicherlich werden die von den Schülerinnen und Schülern ausgemalten Bilder unterschiedlich ausfallen und es wird viel über die Farbgebung diskutiert werden. Dieses liegt in der Natur der Sache, denn jegliche Bewertung hat subjektive Elemente und muss begründet werden – ähnlich wie Schulnoten. Im speziellen Fall ist die Subjektivität besonders groß, da die (unbewusste) Vorstellung darüber, was eine „natürliche“ Landschaft ist, zum einen von der Erfahrung und dem Wissen um Landschafts- und Siedlungsgeschichte abhängig und zum anderen häufig romantisch gefärbt ist. Die wenigsten Schülerinnen und Schüler werden eine annähernd natürliche Flusslandschaft mit eigenen Augen gesehen haben, weil es in Mitteleuropa unberührte, natürliche Flusslandschaften praktisch nicht mehr gibt. Der Mensch hat seit Beginn seiner Siedlungstätigkeit die Landschaft, in der er lebt, verändert. All dies sollte im Unterrichtsgespräch problematisiert werden und kann für das weitere Unterrichtsgeschehen produktiv genutzt werden.





## Bach, Landschaft und Gewässerstruktur

### Natürlich – Was bedeutet das?

#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Gewässerstrukturgüte einschätzen

Als Vorübung zur Bewertung eines Baches im Freiland (► M 11.1) wird zunächst die Strukturgüte, also der „Grad der Natürlichkeit“ unterschiedlicher Bäche anhand von Fotos eingeschätzt (► FOLIE 3).

##### ● Eigene Bewertungsbilder anfertigen

Schülerinnen und Schüler fertigen im Rahmen einer Exkursion oder als interaktive Hausaufgabe Fotos oder Zeichnungen von Bächen, Flüssen und Landschaften an, die sie besonders interessieren (weil sie besonders schön, besonders hässlich, natürlich, naturfern oder sonstwie bemerkenswert sind). Durch das Ausmalen mit Farben nach dem vorgegebenen Muster können diese Einschätzungen objektiviert werden.

Tipp: Über die Fotos Folien legen, die Umrisse zeichnen und dann nach Aufgabenstellung ausmalen.

##### ● Ursachen der Landschaftsveränderung

Ausgehend von den beiden Abbildungen diskutieren und untersuchen die Schülerinnen und Schüler die Ursachen für die dargestellten Landschaftsveränderungen.

✗ *Welcher Zeitraum könnte zwischen Bild 1 und 2 liegen?*

✗ *Warum wurde die Landschaft verändert? (Landwirtschaft/Landgewinnung, Besiedlung, Straßenbau, Hochwasserschutz, etc.)*

✗ *Warum haben Menschen schon seit alter Zeit Flusslandschaften besiedelt und kultiviert?*

##### ● Projekt: Geschichte einer Flusslandschaft

Die Schülerinnen und Schüler forschen in Bibliotheken, Museen oder im Stadtarchiv nach alten Karten, Fotos und (Zeitungs-)Berichten, aus denen sich die Geschichte eines Baches oder Flusses vor Ort rekonstruieren lässt (ortsgeschichtlicher Schwerpunkt). Aus den Materialien lässt sich eine Ausstellung zusammenstellen.

✗ *Wann wurde das Flusstal zuerst besiedelt?*

✗ *Zu welchen Zwecken haben die Menschen den Fluss genutzt? (z.B. Flößerei, Schifffahrt, Fischerei, Wäschewaschen, Bleichen auf den Wiesen, Abwasserentsorgung, Energiegewinnung (Mühlen, Wasserkraftanlagen) Bewässerung, Trinkwassergewinnung, Wasserversorgung allgemein, etc.)*

✗ *In welcher Weise wurde der Flusslauf verändert (Wehre, Staumauern, Pumpwerke, Kanalisierung, Verrohrung, Renaturierung..)?*

✗ *Wie wirk(t)en sich die Veränderungen aus? (Wasserqualität, Änderungen der Flora und Fauna, Verschwinden/Entstehen von Berufen/Tätigkeiten/Gewohnheiten...)*

#### Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterial

- M 5.2 GESCHICHTE EINER AUE
- M 5.3 AUSWIRKUNGEN DER LANDSCHAFTSSVERÄNDERUNGEN AUF TIERE
- 10.2 GEWÄSSERSTRUKTURGÜTE
- M 11.1 BEWERTUNGSBOGEN GEWÄSSERSTRUKTUR
- FOLIE 1 GESICHTER HESSISCHER GEWÄSSER
- FOLIE 3 GEWÄSSERSTRUKTURGÜTE – WIE NATÜRLICH IST DER BACH?

#### Medien

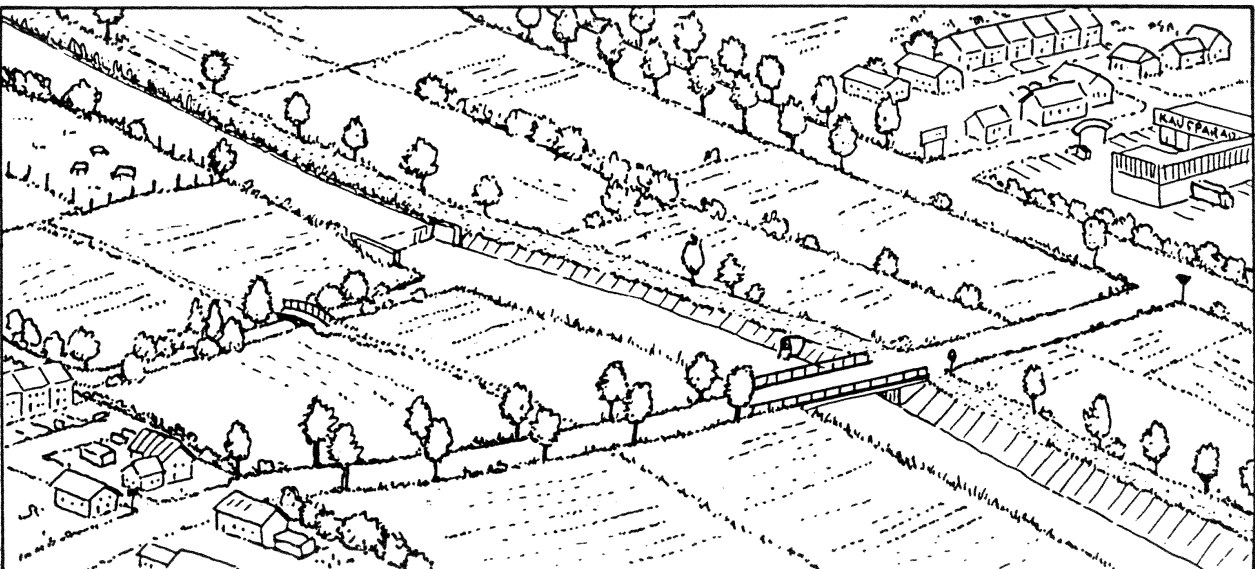
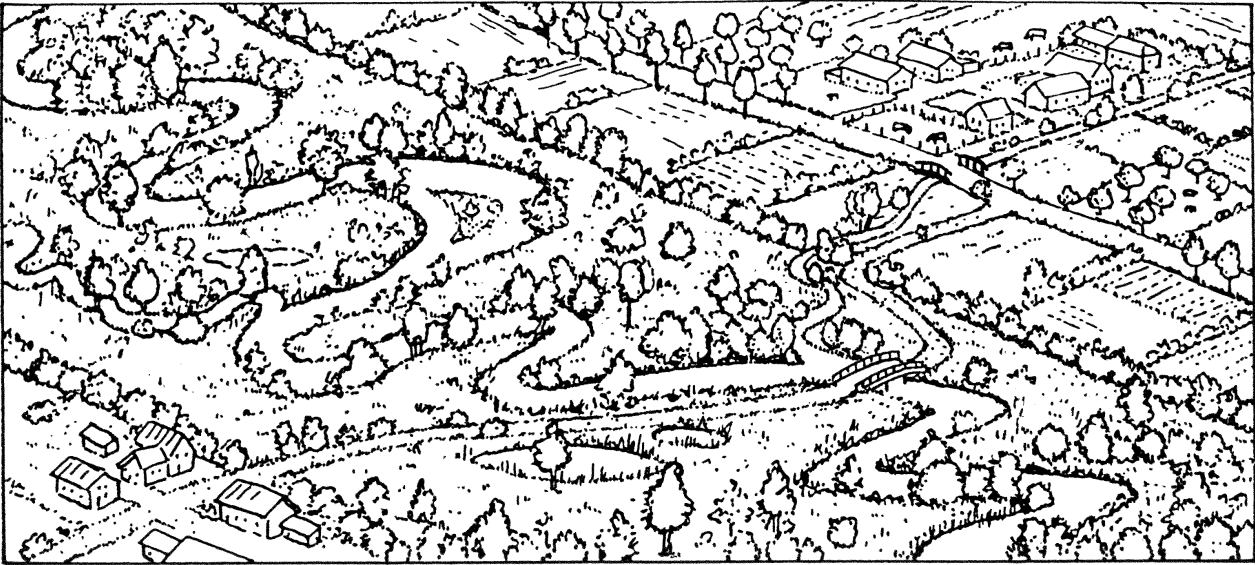
INSTITUT FÜR FILM UND BILD IN WISSENSCHAFT UND UNTERRICHT FWU (HRSG.) (1994): Von der Urlandschaft zur Kulturlandschaft. Videokassette Nr. 42 10299. 15 min.

KERSBERG, H. (1993): Mensch und Landschaft. Ansätze einer (geo-)ökologischen Landschaftsbewertung im Rahmen der Umwelterziehung. In: SEYBOLD, H. und BOLSCHO D. (Hg.): Umwelterziehung – Bilanz und Perspektiven. IPN 134. Kiel

KÜSTER, H. (1995): Geschichte der Landschaft Mitteleuropas. München.



**Natürlich - Was bedeutet das?**



1. Beschreibe die Unterschiede zwischen den beiden Landschaften!

2. Male die beiden Landschaften mit folgenden Farben aus:

- Blau = natürlich
- Grün = wenig verändert
- Gelb = deutlich verändert
- Orange = sehr stark verändert
- Rot = vollständig verändert

Aufgaben

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Lebensraum für Tiere und Pflanzen

### Fließgewässer und ihre Auen



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 34											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
2.1 Kleinlebensräume im Bach	▶ 42	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-
2.2 Tiere im und am Bach	▶ 46	▶	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-
2.3 Bäume am Bach	▶ 50	▶	-	-	●	●	-	-	-	-	-	●
2.4 Im Wechselspiel der Wasserstände – Lebensraum Aue	▶ 56	-	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-
2.5 Zonierung eines Fließgewässers im Längsverlauf	▶ 58	-	-	●	-	●	-	-	-	-	-	-
2.6 Ökologische Bedeutung einer vielfältigen Gewässerstruktur	▶ 60	-	-	●	-	●	-	-	-	-	-	-



## Lebensraum für Tiere und Pflanzen

### Fließgewässer und ihre Auen

#### Ökologische Bedeutung naturnaher Auen

Natürliche Flussauen gehören zu den ökologisch interessantesten und vielfältigsten Lebensräumen, denn es treffen zwei völlig gegensätzliche Lebensbereiche aufeinander: Land und Wasser. Durch die stetige Strömung und die periodisch auftretenden Überschwemmungen – ein wesentliches Kennzeichen natürlicher ► AUEN – kann sich eine einzigartige Strukturvielfalt ausbilden. Schon im Gewässerbett gibt es aquatische und terrestrische Zonen: Kies- und Schotterbänke erheben sich über das Wasser. Ein echter Übergangsbereich ist die durch das Steigen und Fallen des Wassers geprägte Wasserwechselzone. Bei kleineren Bächen ist sie schmaler und bildet sich vor allem im Bereich von Flachufern aus. Im Mittel- und Unterlauf größerer Flüsse kann sich die Wasserwechselzone über ausgedehnte Flächen erstrecken, in denen die ökologisch besonders bedeutsamen Stillwasserbereiche (Altarme, Tümpel, etc.) liegen. Es schließen sich die nur kurzzeitig überfluteten Auwaldbereiche an. Auch die Bodeneigenschaften unterscheiden sich kleinräumig. Neben extrem nährstoffarmen Standorten wie Kies- und Sandflächen entstehen in Sedimentationsbereichen, wo vom Wasser mitgeführtes organisches Material abgelagert wird, ausgesprochen nährstoffreiche Standorte, wie sie sonst von Natur aus selten sind.

Ein weiteres Merkmal ist die Dynamik der Auen. Sie verändern stetig ihr Gesicht. Durch die Kraft des Wassers werden ganze Uferpartien verschoben, Kies- und Schotterbänke verlagert, Flussschlingen durchstoßen und andere zu Altarmen abgeschnürt. Vom Menschen unbeeinflusste Fließgewässer und ihre Auen bilden somit zusammenhängende, dynamische Ökosystemkomplexe, die durch eine Vielzahl mosaikartig miteinander verzahnter Lebensraumtypen charakterisiert sind. Jeder Mosaikstein bietet eine andere Kombination von Umweltfaktoren, an die sich jeweils andere Lebensgemeinschaften angepasst haben. Weil unterschiedlichste, vielfach extreme Lebensbedingungen auf engstem Raum zusammentreffen, ist eine Vielzahl ökologischer Nischen zu besetzen. Dies ist der Grund dafür, dass Auen zu den artenreichsten Ökosystemen Mitteleuropas und als solche zu den Vorrangflächen für den Naturschutz gehören.

Allen Lebensraumtypen der Aue ist gemeinsam, dass sie abhängig von Geländeform und Größe des Fließgewässers mehr oder weniger häufig überschwemmt werden. Die Tiere und Pflanzen haben sich an diesen Wechsel zwischen Überflutung und Austrocknung auf vielfältigste Weise angepasst.

#### Merkmale natürlicher Flussauen

- Dynamik durch regelmäßige Überflutungen
- Lebensraumvielfalt (amphibische, terrestrische und aquatische Lebensräume)
- Mosaikartige Verzahnung der Lebensräume
- Artenvielfalt

#### Lebensraumtypen der Flussaue

- Fließendes Wasser/Wasserkörper
- Flussbett und Interstitial (Kies- und Sandlückensystem)
- Kies- und Schotterbänke
- Ufer (Steilufer, Flachufer, Ufervegetation)
- Feuchtwiesen
- Stillgewässer (Altarme, Tümpel)
- Weichholzaue (regelmäßiger Überflutungsbereich)
- Hartholzaue (nur bei außergewöhnlichen Hochwässern überflutete Bereiche)



Abb. 2-1 Durch extensive Schafbeweidung bewirtschaftete Aue des nordhessischen Wedemannbachtals

## Lebensraum für Tiere und Pflanzen

### Fließgewässer und ihre Auen



#### Pflanzenbestand der Aue

Bei aller Vielgestaltigkeit unterscheidet man in einer Aue verschiedene Vegetationszonen mit jeweils charakteristischen Pflanzengesellschaften unterschiedlicher Überflutungstoleranz (► M 2.4). Im ständig überfluteten Bereich gibt es aufgrund der starken Strömung und der natürlichen Nährstoffarmut nur wenige Wasserpflanzen, die in strömungsberuhigten Bereichen wurzeln. Pflanzliches Plankton kann sich aufgrund der Strömung nicht halten und kommt daher nur in den Unterläufen von Fließgewässern vor.

Die mehr als die Hälfte des Jahres überschwemmten Zonen sind gehölzfrei. Dafür wachsen einjährige Kräuter, darunter Pionierpflanzen wie Knöterich und Gänsefußgewächse, röhrichtbildende Gräser wie Schilf und Rohrglanzgras, in Sedimentationsbereichen auch Nährstoffzeiger wie Brennesseln oder Pestwurz. Diese Pflanzen profitieren von der häufigen Überflutung ihrer Standorte insofern, als dass Lichtkonkurrenten sich dort nicht ansiedeln können. Denn für Bäume bedeutet Überflutung Stress, den nur wenige Arten aufgrund spezieller Anpassungen längere Zeit aushalten.



Foto: T. Schmidt

Abb. 2-2 Verlandender Altarm eines Fließgewässers

Dazu gehören Weiden und Erlen (► M 2.3). Sie sind mit ihrem hohen Regenerationsvermögen und schnellem Wachstum die charakteristischen Arten der Weichholzaue, die mindestens einmal im Jahr überflutet wird. Die Hartholzaue wird nur bei extremen Hochwässern überschwemmt. Sie ist ein artenreicher Laubwald aus Eschen, Ulmen und Stieleichen, der in seinem Erscheinungsbild mit viel Totholz, ausgeprägter Vertikalstruktur (Kraut-, Strauch- und Baumschicht) und ungewöhnlich hoher Artenvielfalt an tropische Regenwälder erinnert. Insgesamt gibt es in den Auen etwa 20 Baumarten, 20 Straucharten und mehr als 500 Kraut- und Grasarten. Ausgedehnte Auwälder sind die natürliche Vegetationsform der Mittel- und Unterläufe größerer Flüsse. An Bächen und Oberläufen können sich ausgedehnte Röhrichtzonen und Auwälder

aufgrund der Talform, der stärkeren Strömung und der geringeren Wassermenge nicht ausbilden. Das vom Gewässer geprägte Vegetationsband ist schmaler. Es dominieren Erlenauwälder mit reicher Krautschicht.

Seit dem frühen Mittelalter wurden in Mitteleuropa die Auwälder abgeholzt und die Auen ► EXTENSIV genutzt. Es entstand ein neuer Lebensraumtyp: Ausgedehnte Feuchtwiesen mit charakteristischen Pflanzengesellschaften, so dass die Artenvielfalt der Auen noch zunahm. In der Mitte des letzten Jahrhunderts begann durch Gewässerausbau, Trockenlegung und Flurbereinigung die großflächige Zerstörung der Auen (► KAP. 5 GEWÄSSERAUSBAU).



Foto: R. Klabusch



Foto: M. Förster

Abb. 2-3 Breitblättriges Knabenkraut und Trollblume

#### Tiere in der Aue

Aufgrund der Vielgestaltigkeit sind Fließgewässer und ihre Auen wichtiger Lebensraum für eine artenreiche Tierwelt. Von den über 6000 (potenziell) dort vorkommenden Tierarten sind viele durch unterschiedliche Anpassungen in ihrem Lebenszyklus, ihrem Verhalten sowie durch Körperbau und Ernährungsweise auf diesen dynamischen Lebensraum spezialisiert.

So weisen naturnahe Auen ein besonders arten- und individuenreiches Brutvogelvorkommen auf, wobei viele auf ganz spezielle Strukturen angewiesen sind. Eisvogel und Uferschwalben bauen Nisthöhlen in Uferabbrüchen. Flussuferläufer und Flussregenpfeifer brüten auf Kiesbänken. Die Wasseramsel bewohnt strukturreiche Bachläufe. Auch für Zugvögel sind die ausgedehnten Wasserflächen der Auen als Nahrungs- und Rastplatz von großer Bedeutung. Die totholzreichen Auwälder beherbergen viele Spechtarten, Greifvögel und Singvögel wie die Nachtigall und den exotisch aussehenden Pirol.

Für fast alle heimischen Amphibienarten sind Auen der primäre Lebensraum. Unter den Reptilien gehören Sumpfschildkröte, Würfelnatter und Ringelnatter zu den Auenbewohnern.



Foto: M. Delpho



Foto: T. Schmidt

Abb. 2-4 Eisvogel und Feuersalamander

Von den in Deutschland vorkommenden Säugetieren sind nur wenige Arten wie z.B. Wasserspitzmaus und Wasserfledermaus auf Fließgewässer spezialisiert. Biber und Fischotter haben große Reviere und sind zum Erhalt natürlicher, reproduktionsfähiger Populationen auf weiträumige, zusammenhängende Auenlandschaften angewiesen.

Eine weitere bedeutsame Tiergruppe sind naturgemäß die Fische. Einige von ihnen wie Lachs, Aal und Meerforelle wandern zwischen Meer- und Süßwasser und legen dabei Hunderte und Tausende von Kilometern zurück. Andere Fischarten sind standorttreuer und so auf die Verhältnisse eines bestimmten Flussabschnittes spezialisiert, dass nach ihnen die verschiedenen Flussregionen benannt sind (► ABB. 2-11).

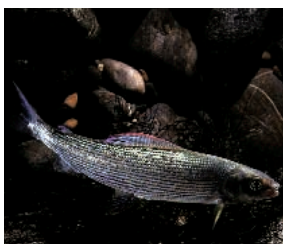


Foto: R. Berg



Foto: G. Laukötter

Abb. 2-5 Äsche und Köcherfliegenlarve

Unter den Insekten finden sich besonders viele auf Fließgewässer spezialisierte Arten, vor allem Libellen, Eintagsfliegen und Köcherfliegen. Viele davon nehmen im Lauf ihres Lebens einen Habitatwechsel vor: Den größten Teil ihres Lebens verbringen sie als Larven im Gewässer, die Imagines leben an Land. Doch auch eine große Anzahl Landinsekten besiedeln die Aue. Viele Blattkäfer-, Schmetterlings- und Gallwespenarten sind auf Baumarten der Auwälder spezialisiert. Besonders viele Spezialisten findet man auf Weiden (z.B. Weidenrüssler, Weidenborkenkäfer, Weidenprachtkäfer, Weidenblattkäfer, Weidenspinner aber auch einige Vogelarten wie Weidenmeise und Weidenlaubsänger) (Sachinformationen und Unterrichtsanregungen dazu bei FEY 1996 und ► M 2.3.2).

## Lebensraum für Tiere und Pflanzen Fließgewässer und ihre Auen

Dass ein Großteil der auetypischen Tierarten stark bedroht und viele sogar flächenhaft ausgestorben sind, ist auf die massiven Eingriffe des Menschen zurückzuführen. Neben der Wasserverschmutzung hat vor allem der Gewässerausbau zu einer extremen Verschlechterung der Lebensbedingungen an und in vielen Fließgewässern geführt. So wurden durch Trockenlegung und Flurbereinigung die charakteristischen Auenbiotope voneinander isoliert oder vollständig vernichtet (► KAP. 5 GEWÄSSERAUSBAU). Die prägenden periodischen Überflutungen treten unregelmäßig oder gar nicht mehr auf, die für Flora, Fauna, Stoffhaushalt und Selbstreinigung so bedeutsame Wasserwechselzone verschwindet. Das Gewässer endet abrupt mit der Uferkante, statt sich allmählich in der umgebenden Landschaft zu verlieren. Die Aue wird zur monotonen Kulturlandschaft.

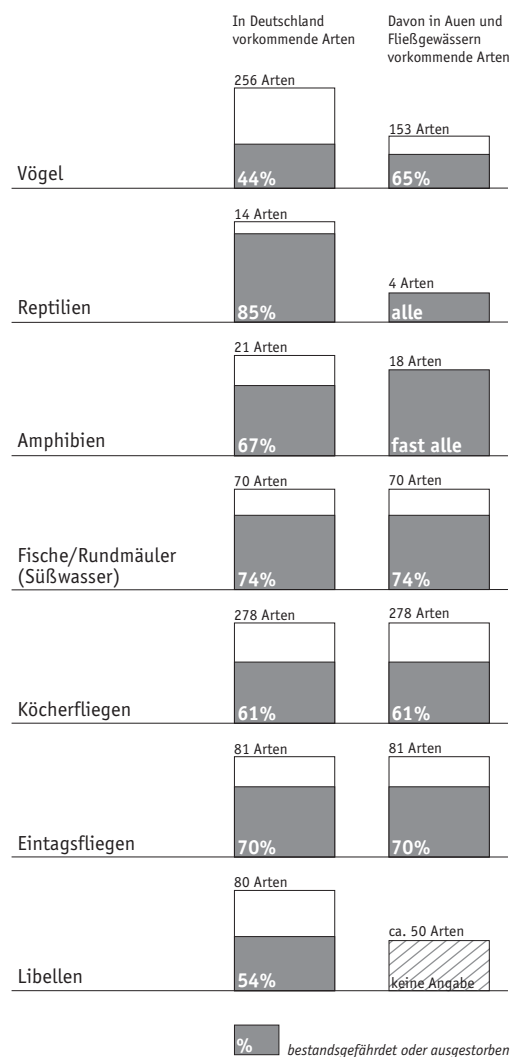


Abb. 2-6 Bedeutung von Auen und Fließgewässern als Lebensraum ausgewählter Tiergruppen (nach KAULE 1991 und BINOT 1998)

# Lebensraum für Tiere und Pflanzen

## Fließgewässer und ihre Auen



### Wanderer zwischen zwei Welten

Viele Fischarten sind in ihrem Entwicklungszyklus an die besonderen strukturellen und dynamischen Verhältnisse ihres Lebensraumes angepasst. Äschen verbringen als Kieslaicher der Oberläufe ihr Larvenstadium geschützt vor der Strömung im Kieslückensystem (► INTERSTITIAL) der Gewässersohle. Dazu muss dieses gut von sauerstoffreichem Wasser durchströmt sein. Der Brachsen – namensgebender Fisch der Flussunterläufe – ist ein obligater Krautlaicher und benötigt zum Laichen wasserpflanzenreiche, strömungsarme Bereiche: Die Altarme und Tümpel naturnaher Auen. In diese wandern die laichreifen Fische mit dem Frühjahrshochwasser.

Der Habitatwechsel im Laufe des Entwicklungszyklus ist eine Anpassung, um in der kritischen Zeit der Embryonalentwicklung dem Stressfaktor Strömung zu entgehen. Andererseits birgt diese Form der Spezialisierung auch einen entscheidenden Nachteil: Wenn nur eines der Habitats nicht mehr intakt ist, wird der Lebenszyklus unterbrochen und der Fortbestand der Population ist in Gefahr. Spezialisierte Tierarten sind besonders gefährdet, wo der Mensch Fließgewässer zu Kanälen degradiert und ihre Auen zu monotonen Nutzflächen gemacht hat.

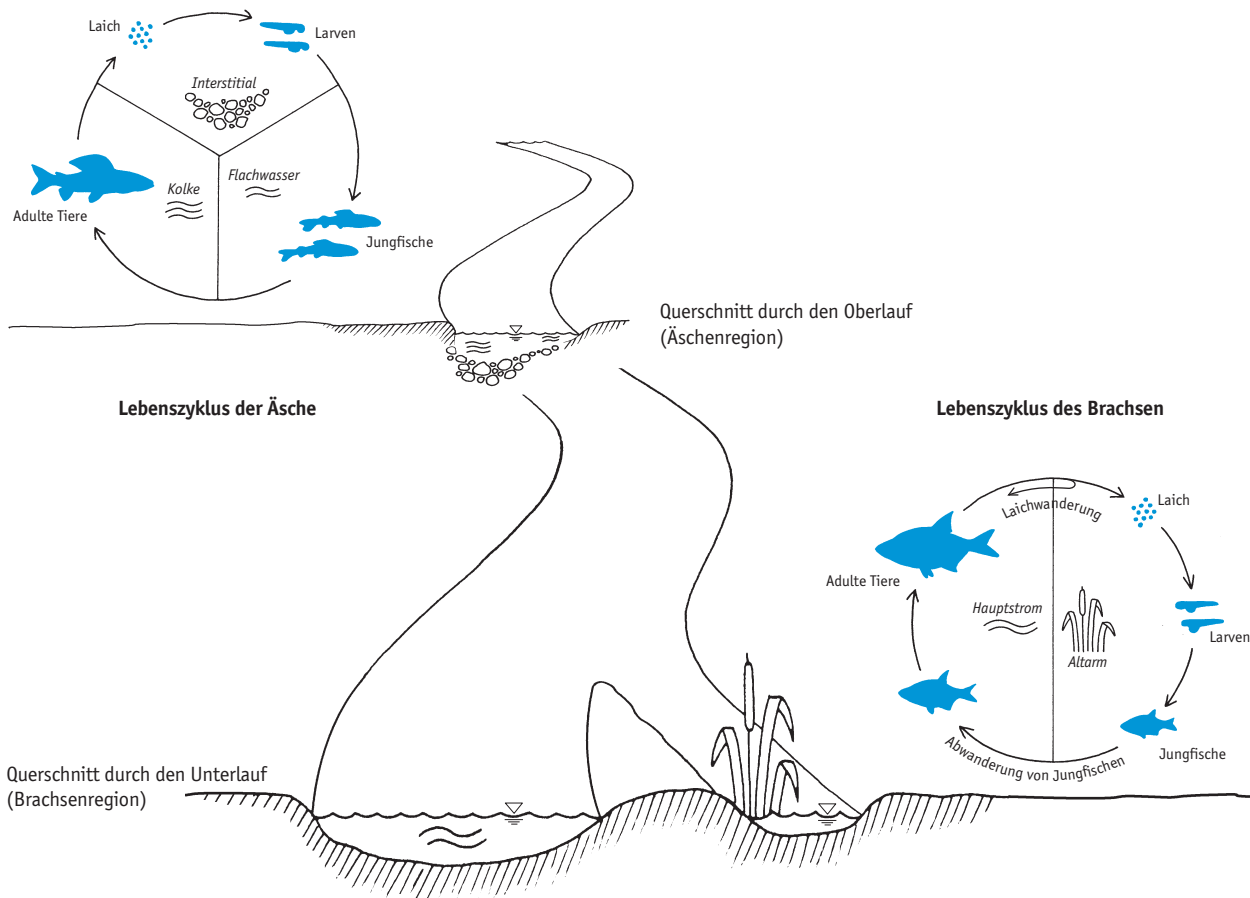


Abb. 2-7 Lebenszyklus der Leifischarten für Fließgewässeroberläufe (Äsche) und -unterläufe (Brachsen)  
 (► ABB. 2-11 ZONIERUNG EINES FLEISSGEWÄSSERS IM LÄNGSVERLAUF)

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



## Lebensraum für Tiere und Pflanzen

### Fließgewässer und ihre Auen

#### Bedeutung der Auen im Wasserhaushalt

Auch der Mensch ist auf funktionsfähige Auenlandschaften angewiesen. Hochwasserkatastrophen und Grundwasserabsenkungen sind indirekte Folgeschäden, die auf die großflächige Zerstörung der Auen zurückzuführen sind. Sie zeigen, wie bedeutsam intakte Auenlandschaften für den Wasserhaushalt sind. Bei Hochwasser kann sich das Wasser weiträumig verteilen, wird natürlich durch Sedimentations- und biologische Selbstreinigungsvorgänge gereinigt und fließt erst allmählich wieder ab, ein Teil davon ins Grundwasser. Auen sind somit natürliche Wasserrückhaltesysteme (► RETENTIONS-RÄUME), die zum Hochwasserschutz und zur Grundwasserneubildung und damit auch zur Trinkwasserregeneration beitragen. Der Erhalt und die Wiederherstellung intakter Auenlandschaften ist also nicht nur für den Artenschutz, sondern auch für den Ressourcenschutz von größter Bedeutung. (► KAP. 7 RENATURIERUNG)



Foto: G. Laukaler

Abb. 2-8 Eintagsfliegenlarve

#### Lebensbedingungen im Fließgewässer – Abiotische Faktoren

Die Vielfältigkeit der Lebensbedingungen gilt nicht nur für die Aue, sondern auch für das Fließgewässer selbst. Die jeweils herrschenden Umweltfaktoren entscheiden darüber, ob ein Gewässerabschnitt als Lebensraum für eine Tier- oder Pflanzenart in Frage kommt. Entscheidender lebensraumprägender Faktor in Fließgewässern ist dabei die einseitig gerichtete Strömung. Sie beeinflusst auch die weiteren abiotischen Faktoren wie Sauerstoff-, Nährstoffgehalt und Temperatur. Schnell fließendes Wasser ist kälter und sauerstoffreich, das Sediment besteht meist aus Kies oder Steinen. In strömungsberuhigten Bereichen können sich Feinsedimente und Detritus ablagern, das Wasser ist wärmer und der Sauerstoffgehalt geringer.

Die Strömung sorgt für einen ständigen Stoffaustausch, was Atmung und Ernährung erleichtert, doch ist das strömende Wasser auch ein lebensfeindliches Medium und ein großer Stressfaktor für Tiere und Pflanzen, weil ständig die Gefahr des Verdriftens besteht, gegen die die meisten Fließgewässerarten spezielle Anpassungen im Körperbau oder Verhalten entwickelt haben. So verbrauchen viele Tiere einen Großteil ihrer Energie dafür, ständig entgegen der Strömung zu wandern und so die Abdrift zu kompensieren (► ABB. 5-6 KOMPENSATIONSFLUG). Im strömenden Wasser direkt halten sich nur vergleichsweise wenige Tierarten auf, vor allem Fische. Die weitaus meisten Tiere kommen an und in der Gewässersohle vor. Einige halten sich mit Saugnäpfen an Steinen fest (z.B. Lidmückenlarven, Egel), viele nutzen den Strömungsschatten von Steinen, Totholz und anderen Hindernissen (z.B. Forellen sowie viele Insektenlarven). Auch direkt an der Oberfläche von Steinen gibt es eine strömungsberuhigte Zone, in der bei genügend Sonneneinstrahlung ein Algenfilm wachsen kann, der von Insektenlarven (z.B. Eintagsfliege *Ecdyonurus*) mit stark abgeflachtem Körper und auch Schnecken (z.B. Flussnapfschnecke *Ancylus*) abgeweidet wird. Wasserpflanzen gibt es in schnell fließendem Wasser gar nicht, sie können sich nur in größeren strömungsberuhigten Flachwasserzonen und im Uferbereich ansiedeln.

#### Leben im Verborgenen – Bedeutung des Interstitials

Von überaus großer Bedeutung für das Leben im Fließgewässer ist das Innere des Gewässerbettes, das natürlicherweise aus Kies oder Sand besteht und ständig vom Wasser durchströmt wird. In den Zwischenräumen von Sand und Kies, dem Substratlückensystem oder ► INTERSTITIAL, herrschen aufgrund ausgeglichener Temperatur- und Strömungsverhältnisse und des vergleichsweise hohen Nährstoffangebotes relativ konstante und damit sehr viel günstigere Lebensbedingungen als in der fließenden Welle, so dass es der am weitaus dichtesten besiedelte Bereich des Gewässers ist. Vertreter fast aller Tiergruppen der Fließgewässerfauna verbringen hier bis zu einer Tiefe von etwa 50 cm im Verborgenen zumindest einen Teil ihres Lebens, bevorzugt die empfindlichen Jugendstadien, wie viele Insektenlarven und kieslaichende Fischarten.

- ABB. 2-7 LEBENSZYKLUS ÄSCHEN UND BRACHSEN
- M 2.6 ELRITZE

Außerdem findet man Wassermilben, kleine Muscheln und Schnecken sowie Faden-, Strudel- und andere Würmer, die durch ihre langgestreckte Körperform besonders gut an feinkörniges ► SUBSTRAT angepasst sind.

Auch das Interstitial ist von Gewässerbelastungen betroffen. Gefährlich wirkt sich besonders eine hohe Schwebstoffbelastung aus. Wird infolge organischer Belastungen und Bodenerosion die Gewässersohle großflächig verschlammmt, verstopft das Lückensystem und wird damit unbesiedelbar. Ebenso negativ wirken sich Verbaumaßnahmen an der Gewässersohle aus. Ähnlich wie die Aue ist das Interstitial als Übergangsbereich in besonderer Weise von menschlichen Eingriffen betroffen. Wo die Gewässersohle betoniert oder gepflastert ist, wird der Fluss von dem benachbarten Lebensraum Interstitial abgetrennt.



# Lebensraum für Tiere und Pflanzen

## Fließgewässer und ihre Auen



### Lebensräume im Kleinen – Ökologische Bedeutung einer vielfältigen Gewässerstruktur

Tiere halten sich nicht beliebig irgendwo im Gewässer auf, sondern sind durch ihr Verhalten, ihre Ernährungsweise oder ihre Körperform an die jeweils herrschenden Lebensbedingungen angepasst. Die aufgezeigten Anpassungen machen deutlich, dass, wie in der Aue auch, für die Artenvielfalt im Gewässer vielfältige, natürliche Strukturen entscheidend sind. Je reicher strukturiert ein Gewässer, desto größer ist die Anzahl der zu besiedelnden Kleinlebensräume (► SUBSTRAT). Man unterscheidet je nach Herkunft und Beschaffenheit des Substrats verschiedene Habitattypen, in denen jeweils typische Lebensgemeinschaften anzutreffen sind, denn die überwiegende

Zahl der Fließgewässerarten weist eine spezifische Bindung an bestimmte Habitattypen auf, oder zeigt zumindest deutliche Präferenzen (► M 2.1 KLEINLEBENSÄRÄUME IM BACH).

Das Vorhandensein bestimmter ► HABITATE lässt Rückschlüsse auf den Natürlichkeitsgrad eines Fließgewässers zu, kann jedoch regional sehr unterschiedlich sein und ist abhängig von Untergrund bzw. geologischen Verhältnissen, Gefälle bzw. Strömung, der Beschattung und der Ufervegetation. So sind in einem ruhig fließenden, sandigen Niederungsbach andere Habitats zu finden als in einem schnell über Fels und Steine dahinschießenden Gebirgsbach. Grundsätzlich jedoch ist ein naturnaher Bach reich und mosaikartig strukturiert.

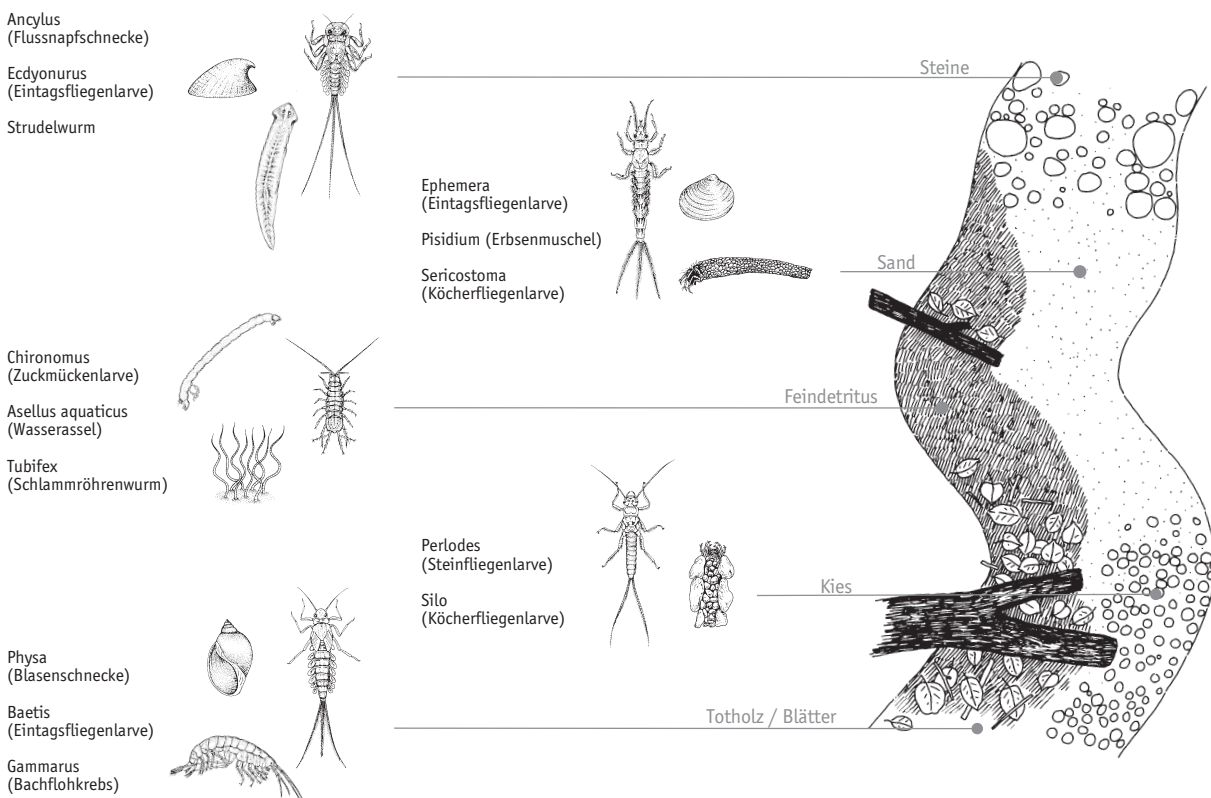


Abb. 2-9 Kleinlebensräume und ihre Bewohner in einem Mittelgebirgsbach. Je nach Gewässermorphologie und Strömung bildet sich ein vielfältiges Mosaik verschiedener Kleinlebensräume (Habitats), die von unterschiedlichen Lebensgemeinschaften besiedelt werden. Die Bindung einer Tierart an ein Habitat wird u.a. bestimmt durch Körperbau und Ernährungsweise.

Technisch ausgebauten Bächen, vor allem wenn sie staureguliert sind, weisen dagegen eher weniger Habitats auf und es überwiegen organisch belastete Feinsedimente. Diese wiederum bewirken eine Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse und den Verlust sauerstoffbedürftiger Arten. Die Feinsedimente überdecken alle großflächigen Substrate (z.B. Steine) und es gibt keine Bewuchsfläche für Algen mehr. Entsprechend fehlen in diesen Bereichen die Weide-

gänger und es überwiegen die Sedimentfresser und Filtrierer. Arten, die sich auf großflächigen Substraten festheften, finden auf dem instabilen Feinsand keinen Halt mehr. Dafür gibt es vermehrt Arten wie Schlammröhrenwürmer oder Zuckmückenlarven, die sich im Sediment verkriechen. Zu Kanälen ausbetonierte Fließgewässer sind, auch wenn in ihnen sauberes Wasser fließt, lebensfeindliche Wüsten.



## Lebensraum für Tiere und Pflanzen Fließgewässer und ihre Auen

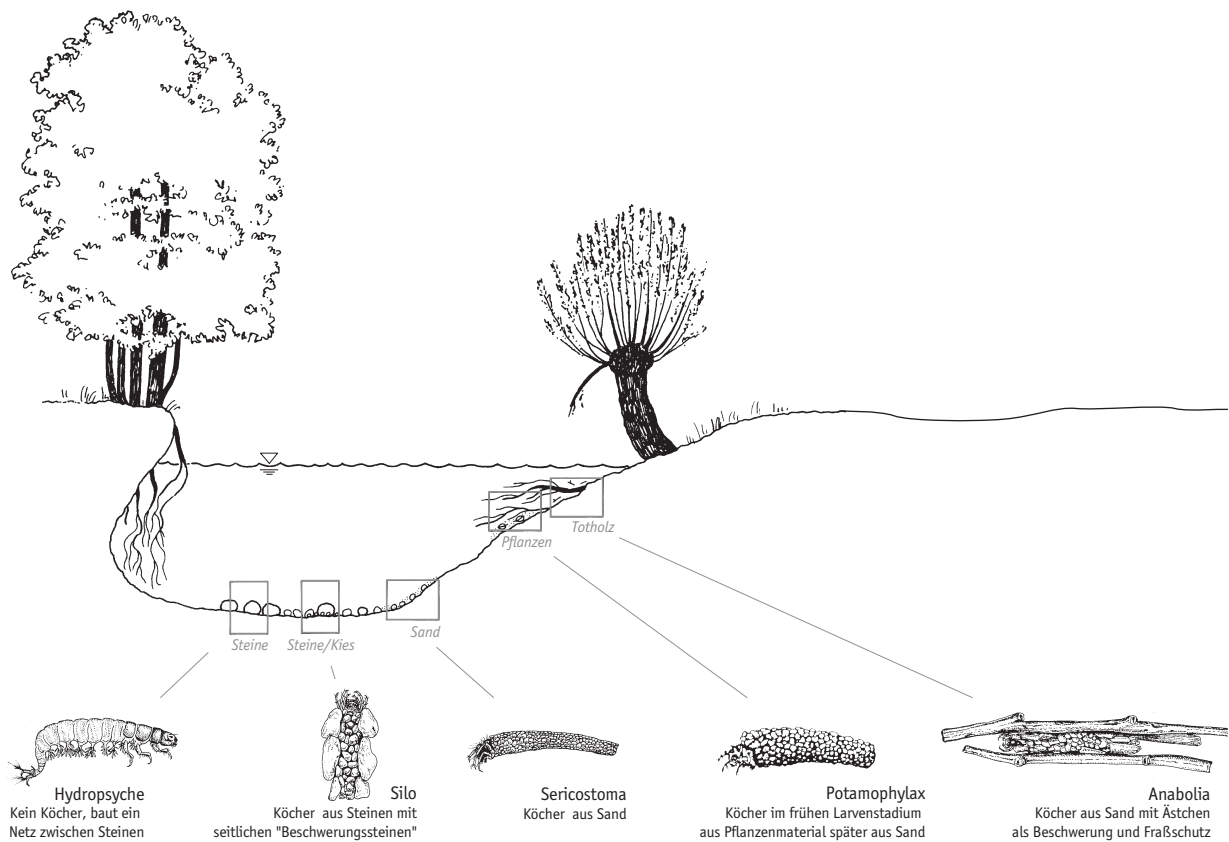


Abb. 2-10 Vorkommen verschiedener Köcherfliegenarten in einem Bach. Köcherfliegenlarven bauen ihre Köcher aus dem im jeweiligen Habitat vorherrschenden Material. Grundsätzlich kommen Larven mit Gehäusen aus Sand und Pflanzenteilen dort vor, wo die Strömung nicht sehr stark ist und Larven mit Steingehäusen eher in Bereichen mit starker Strömung. (nach FEY 1996, verändert)

### Kleinlebensräume - Habitattypen im Fließgewässer

#### Abiotische Habitate

- Unverfestigte Feinsedimente: Schlack, Schlamm (Korngröße < 0,063 mm)
- Verfestigte Feinsedimente: Lehm, Ton (Korngröße < 0,063 mm)
- Sand (Korngröße < 2 mm)
- Kies (Korngröße 0,2-2 cm)
- Steine und Fels (> 2 cm)

#### Biotische Habitate

- Algenaufwuchs, Moose und höhere Wasserpflanzen
- Totholz
- Grob- und Feindetritus (zerkleinertes, totes pflanzliches oder tierisches Material)

(aus: BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1996 nach BRAUKMANN 1987 und MOOG/GRASSER 1996)

### Lebensräume im Großen - Ökologische Zonierung im Längsverlauf

Im Fließgewässer herrschen nicht nur kleinräumig unterschiedliche Lebensbedingungen, sondern es ergeben sich auch großräumige Veränderungen. Weil sich die abiotischen Faktoren von der Quelle bis zur Mündung kontinuierlich verändern, gibt es auch unter-

schiedliche Lebensgemeinschaften. (sog. „River-Continuum-Concept“ VANNOTE et al. 1980). Die Veränderungen sind so charakteristisch, dass ein natürliches Fließgewässer eine typische Zonierung im Längsverlauf aufweist. Dabei kann man aufgrund der Leitarten der Fischfauna und der Ernährungstypen des ► MAKROBENTHOS verschiedene biozönotische Regionen unterscheiden, wobei die Übergänge natürlich fließend sind.

## Lebensraum für Tiere und Pflanzen

### Fließgewässer und ihre Auen



	Quelle	Oberlauf	Mittellauf	Unterlauf	Mündung
<b>Leitarten der Fischfauna</b>	(Feuersalamander)	Bachforelle, Äsche	Barbe	Brachsen	Kaulbarsch, Flunder
<b>ABIOTISCHE FAKTOREN</b>					
<b>Gefälle</b>	Nimmt stetig ab				
<b>Wasserführung Wassertrübung Nährstoffgehalt</b>	Nimmt stetig zu				
<b>Bodenart</b>	Fels, Steine	Steine, Kies	Kies, Sand, Feinsediment	Sand, Feinsediment	Sand, Feinsediment
<b>Max. Temperatur</b>	< 10 °C	< 15 °C	> 15 °C	< 20 °C	> 20 °C
<b>Sauerstoffgehalt</b>	Gering	Hoch mit geringen Tages- und Jahresamplituden	Hoch mit ausgeprägten Jahres- und Tagesamplituden	Geringer	Geringer
<b>BIOTISCHE FAKTOREN</b>					
<b>Hauptnahrungsquelle für Wirbellose</b>	Fallaub	Fallaub und Aufwuchsalgen	Zerkleinertes Falllaub (Feindetritus) und Aufwuchsalgen	Phytoplankton	Phytoplankton
<b>Ernährungstypen (Makrobenthos)</b>	überwiegend Zerkleinerer	überwiegend Zerkleinerer	überwiegend Weidegänger und Sedimentfresser/Filterierer	überwiegend Sedimentfresser/Filterierer	überwiegend Sedimentfresser/Filterierer
<b>Produktion/Respiration</b>	Produktion < Respiration	Produktion < Respiration	Produktion = Respiration	Produktion > Respiration	Produktion > Respiration

Abb. 2-11 Zonierung eines Fließgewässers im Längsverlauf

#### Ernährungstypen

Eine wichtige Anpassung an herrschende Lebensbedingungen ist die Ernährungsweise einer Tierart. Bei der Wirbellosenfauna von Fließgewässern kann man bestimmte Ernährungstypen unterscheiden, die zur Beurteilung der ökologischen Situation eines Gewässerabschnittes herangezogen werden, indem die tatsächlich vorhandene Fauna mit der potenziell natürlichen verglichen wird (► M 5.5 STAUHALTUNGEN).

##### ■ Weidegänger

Weiden den Aufwuchs (Algen und Bakterien) von Steinen und anderen Hartsubstraten ab (z.B. Eintagsfliegenlarve *Ecdyonurus*, viele Köcherfliegenlarven und Schnecken).

##### ■ Zerkleinerer

Ernähren sich von Falllaub und anderem groben organischen Material, das noch zu zerkleinern ist (z.B. Bachflohkrebs, Wasserassel).

##### ■ Sedimentfresser/Filterierer

Ernähren sich von feinpartikulären, organischen Stoffen wie zerkleinertem, verrottendem Pflanzenmaterial (Detritus), Bakterien, lebenden Algen. Sedimentfresser sammeln die Nahrungspartikel aus dem Sediment auf (z.B. Ephemera und andere Eintagsfliegenlarven); Filterierer fangen schwebende Nahrungspartikel aus dem freien Wasser ein (z.B. Köcherfliegenlarve, Hydropsyche, Muscheln, viele Mückenlarven).

##### ■ Räuber

Ernähren sich von lebenden Tieren (z.B. Libellenlarven, große Steinfliegenlarven, Egel).

Die Einteilung der Ernährungstypen geht zurück auf CUMMINS (1979). Eine differenzierte ökologische Typisierung der heimischer Fließgewässerarten mit Zuordnung der Lebensform-, Ernährungs- und Fortbewegungstypen sowie Strömungs- und Habitatpräferenzen ist herausgegeben vom BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996).

#### Medien

FEY, M. (1996): *Biologie am Bach. Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz. Limnische Systeme. Quelle & Meyer. Wiesbaden.*  
 UNTERRICHT BIOLOGIE (1995): *Lebensraum Aue. Heft 203. Friedrich Verlag. Seelze.*  
 FWU (1990): *Fische verschiedener Flußregionen. Videokassette Nr. 42 01212. 15 min.*  
 FWU (1993): *Der Auenwald. Videokassette Nr. 42 10246. 15 min.*



► M 2.1

## Zielgruppe

Sek. I, Sek. II

## Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften

## Ziele

- strukturelle Vielfalt eines Baches erkennen und erfahren (sinnliches Lernen)
- Kleinlebensräume unterscheiden und benennen können
- erkennen, dass es in einem Bach unterschiedliche Kleinlebensräume gibt, in denen jeweils spezifische Lebensbedingungen (z.B. Strömung, Sauerstoff- und Nahrungsangebot) herrschen
- Tiere (ohne Bestimmungsbuch!) nach äußeren Merkmalen unterscheiden und als verschiedene Arten erkennen
- erkennen, dass Tiere nicht beliebig in einem Ökosystem vorkommen, sondern spezifisch an ihren jeweiligen Kleinlebensraum angepasst sind
- ökologische Bedeutung naturnaher, strukturreicher Fließgewässer erkennen

## Allgemeine Hinweise

Die Untersuchung der Kleinlebensräume eines Baches ist in einer Unterrichtseinheit zum Thema Fließgewässer von zentraler Bedeutung. Es bieten sich Lernmöglichkeiten für alle Altersgruppen und vielfältige Möglichkeiten der Weiterarbeit. Eine gemeinsame Auswertung und der Vergleich der Gruppenarbeitsergebnisse im Plenum ist unbedingt erforderlich.

Für jüngere Schülerinnen und Schüler kann es reizvoll sein, wenn die Aufgabe wettbewerbsartig angelegt wird (Wer sammelt die meisten Tiere? Welcher Kleinlebensraum ist am artenreichsten?). Für ältere Schüler sollten wissenschaftliche Aspekte im Vordergrund stehen (Hypothesenbildung, Darstellung und Deutung der Ergebnisse).

## Durchführung

Detaillierte Hinweise zum Aufsammeln der Tiere ► SEITE 243. Für jeden Kleinlebensraum muss eine Schale bereitgestellt werden, in der die Tiere zum Anschauen und Auszählen gesammelt werden. Die Schalen werden mit einem großen, mit wasserfestem Stift beschrifteten Schild gekennzeichnet.

## Lebensraum Fließgewässer

### Tiere im Bach – Kleinlebensräume

🔍 Grundsätzlich muss bei der Freilandarbeit darauf geachtet werden, dass die Organismen vorsichtig behandelt werden und durch die Entnahme nicht zu Schaden kommen. Es versteht sich von selbst, dass die Tiere nach der Beobachtung und Bestimmung in den Bach zurückgesetzt werden!

## Auswertung

### ● Auswertung der Ergebnisse

✗ In welchen Kleinlebensräumen finden sich besonders viele Tiere?

Die meisten Tiere findet man erfahrungsgemäß unter Steinen, im Kies und an Wasserpflanzen (► ABB. 2-12 / ABB. 2-13).

✗ Welches sind jeweils typische Vertreter für einen Kleinlebensraum?

Bestimme die Tiere (oder gib ihnen Phantasienamen) und stelle eine Liste zusammen: „Steintiere“; „Sandtiere“; „Wasserpflanzen-tiere“; „Laubtiere“; „Schlamm-tiere“.

Hier kommt es weniger auf die Artbestimmung, sondern auf die ökologische Zuordnung der Tiere an. In der Regel lassen sich artspezifisch mehr oder weniger deutliche Habitatpräferenzen erkennen („Ökologische Nischen“!). Manchmal findet man auch Tiere dort, wo sie „eigentlich“ nicht hingehören. Dies ist durch Verdriftung oder aktives Aufsuchen passender Nahrungshabitate (vor allem in langsam strömendem Wasser) zu erklären.

► ABBILDUNG 2-9: KLEINLEBENS-RÄUME UND IHRE BEWOHNER

Anmerkung: Für die Sekundarstufe II muss die Aufgabe altersgerecht modifiziert werden. Eine Möglichkeit besteht darin, die Tiere jeweils einem „Habitat“ zuzuordnen, also z.B. statt „Steintiere“ „Habitat Stein“ auf die Schilder zu schreiben.

### ● Erklärung der Ergebnisse: Anpassungen

✗ Wie sind die Tiere an ihren Kleinlebensraum angepasst?

Dazu werden typische Vertreter eines Kleinlebensraumes in einem (Lupen-)Glas oder Aquarium (für gute Belüftung sorgen!) nach folgenden Kriterien beobachtet:

- Körperform/Fortbewegung
- Anpassung an die Strömung
- Ernährungsweise (Mundwerkzeuge)

Weitere Hinweise zur Lebens-, Ernährungsweise und speziellen Anpassungen bei APEL/WALDRICH (1995) und SCHWAB (1995). Eine systematische Beschreibung und wissenschaftliche Klassifizierung der wichtigsten Makrobenthosarten nach Ernährungstypen, Lebensformtypen und Lebensraumpräferenz ist herausgegeben vom BAYERISCHEN LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996).

## Lebensraum Fließgewässer

### Tiere im Bach – Kleinlebensräume



#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Bachtier-Rätsel (Klasse 5-6)

**X** Such dir ein Bachtier aus, das dir besonders gut gefällt und zeichne es so genau wie möglich. Tausche dann die Zeichnung mit einem Mitschüler/einer Mitschülerin. Welches Tier ist in der Zeichnung dargestellt?

Diese Aufgabe fordert zu detailgenauem Beobachten und Zeichnen auf und kann am Bach nach lebenden Tieren aber auch im Klassenzimmer nach Fotos oder Bildern auf dem Bestimmungsbogen (► M 11.5) durchgeführt werden.

##### ● Steckbriefe der Bachtiere (Klasse 5-8)

**X** Lege einen Steckbrief für die wichtigsten Bachtiere an:

- Zeichnung
- Fundort/Lebensraum
- Anpassung an den Lebensraum (z.B. Körperform/ Fortbewegung, Ernährungsweise, Anpassung an die Strömung/Verdriftungsschutz)

##### ● Ökologische Bedeutung der Kleinlebensräume (ab Klasse 8)

**X** Untersuche die Kleinlebensräume in einem naturnahen und in einem begradigten Bach. Vergleiche die Ergebnisse.

Naturnaher Bach	Begradigter Bach
Viele Kleinlebensräume	Wenig Kleinlebensräume
Große Artenvielfalt	geringere Artenvielfalt, teilweise jedoch hohe Individuendichte

**X** Welche Konsequenzen haben die Ergebnisse für den Gewässerschutz?

Ziel des Gewässerschutzes muss es sein, neben der Reinhaltung des Wasser auch dafür Sorge zu tragen, naturnahe, reich strukturierte Gewässer zu erhalten bzw. wiederherzustellen.



## Lebensraum Fließgewässer

### Tiere im Bach – Kleinlebensräume

● **Systematische Auswertung der Ergebnisse (Sek. II)**

X **Stellen Sie die Arbeitsergebnisse (Anzahl der gefundenen Tiere pro Habitat; Vergleich verschiedener Bachabschnitte) graphisch dar und vergleichen Sie mit Literaturwerten.**

X **Diskutieren Sie über die Vergleichbarkeit der Gruppenergebnisse (Fehlerdiskussion).**

Unterschiedliche Ergebnisse können dadurch zustande kommen, dass nicht alle Organismen eines Gewässerabschnittes quantitativ erfasst werden. Wer bereits Erfahrung hat und sich „eingesehen“ hat, findet mehr Tiere. Unerfahrene übersehen häufig ganze taxonomische Gruppen, weil sie sie gar nicht als Tiere erkennen. Auch finden sich manche Organismen in eher untypischen Habitaten,

weil sie verdriftet werden oder ihren Standort aktiv wechseln (z.B. während der Nahrungssuche). Natürlich ist das Vorkommen von Tieren nicht in allen Bächen gleich, wie die Literaturbeispiele zeigen, doch geben sie gewisse Anhaltspunkte. Kommen nur sehr wenige Tiere vor, so könnte dies auf toxische Einflüsse oder Versauerung hinweisen.

**Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterial**

- ▶ M 1.6 STRUKTURVIELFALT ERKUNDEN
- ▶ M 11.4 BIOLOGISCHE GEWÄSSERGÜTE
- ▶ M 11.5 BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL
- ▶ M 5.4 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DES GEWÄSSERAUSBAUS

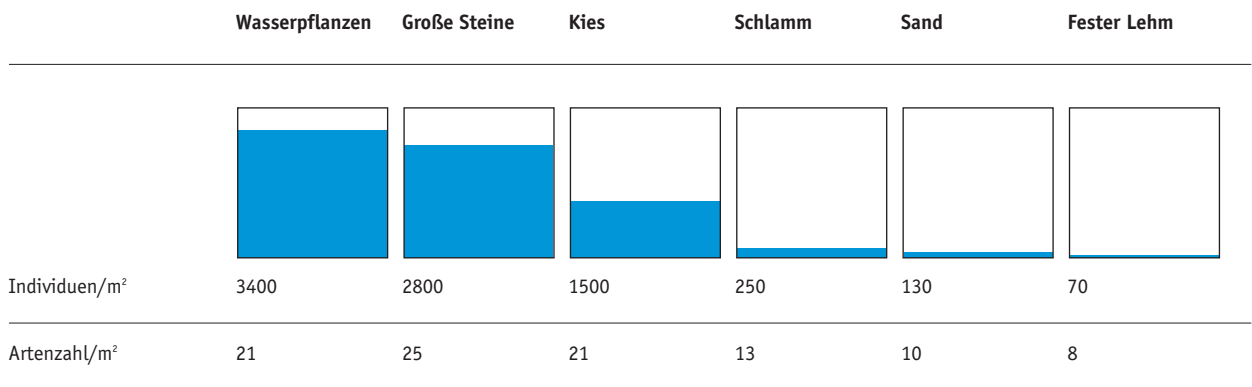


Abb. 2-12 Substratspezifisches Vorkommen von Makrobenthosarten in einem Mittelgebirgsbach in Rheinland-Pfalz (nach OTTO 1986 aus FRÖMBGEN et al. 1992)

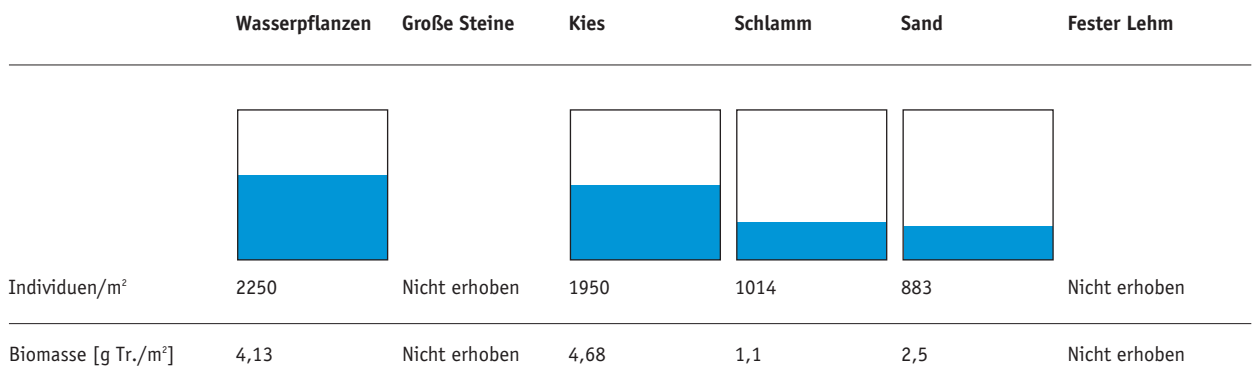


Abb. 2-13 Substratspezifisches Vorkommen von Makrobenthosarten in der Vils, Bayern (aus KÜGEL 1993)

Literatur

APEL, J.; WALDRICH, W. (1995): Tierkartei Fließgewässer. Hrsg. Hessisches Landesinstitut für Pädagogik. Fulda.  
 GRAV, M. (2001): Ökologisch Bewertung von Fließgewässern. Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz. Band 64. Bonn.  
 SCHWAB, H. (1995): Süßwassertiere. Ein ökologisches Bestimmungsbuch. Ernst Klett Verlag. Stuttgart.




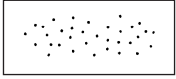
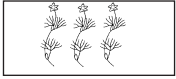
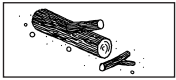


# Tiere im Bach – Kleinlebensräume

Material  
Infotext  
Aufgaben

- mehrere flache weiße Plastikschalen (Anzahl entsprechend den Kleinlebensräumen)
- Pappschilder zum Beschriften; wasserfester Stift
- Kescher oder kleine Plastikküchensiebe
- Weicher Pinsel oder Federstahlpinzette
- Klemmbrett, Bleistift

Natürliche Bäche sind reich strukturiert und es finden sich eine ganze Reihe unterschiedlicher Kleinlebensräume, in denen jeweils ganz spezifische Lebensbedingungen herrschen. Charakteristisch für einen Kleinlebensraum sind z.B. die Strömung oder das Nahrungsangebot. Beispiele für Kleinlebensräume sind unterschiedliche Substrate wie: Kies, Sand, Schlamm, Totholz oder Laub, aber auch Wasserpflanzen. Wie viele Kleinlebensräume ihr untersuchen könnt, hängt von dem Bach ab, den ihr vor euch habt!

1. Schaut euch gemeinsam mit der Gruppe den Bach an und legt fest, wieviele Kleinlebensräume ihr in einem überschaubaren Abschnitt findet. Ergänzt gegebenenfalls die Tabelle (z.B. Schlamm, Beton, gepflasterter Boden).
2. Jedes Gruppenmitglied untersucht einen Kleinlebensraum. Ziel ist es, innerhalb von 15 Minuten (Zeit genau einhalten!) möglichst viele Tiere, die in dem jeweiligen Kleinlebensraum vorkommen, zu sammeln.
3. Zählt die gefundenen Tiere und versucht zu bestimmen, wieviele unterschiedliche Arten ihr jeweils gefunden habt.
4. Vergleicht die Ergebnisse und versucht sie zu erklären.

		Anzahl Tiere	Unterscheidbare Arten
	X Steine untersucht von _____	_____	_____
	X Sand untersucht von _____	_____	_____
	X Wasserpflanzen untersucht von _____	_____	_____
	X Totholz/Laub untersucht von _____	_____	_____
	X ..... untersucht von _____	_____	_____
	X ..... untersucht von _____	_____	_____
	Summe	_____	_____

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



- ▶ M 2.2.1
- ▶ M 2.2.2
- ▶ M 2.2.3

## Lebensraum Fließgewässer

### Tiere im und am Bach

#### Zielgruppe

Klasse 5-7

#### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- Bachtieren nach Beschreibungen ihrem Lebensraum zuordnen
- Zusammenhang zwischen Lebensweise und Lebensraum erkennen (Anpassungen)
- erkennen, dass Tiere nicht zufällig irgendwo vorkommen, sondern dass jedes seinen festen Platz in der Biozönose des Ökosystems Bach hat (Ökologische Nische)
- Nahrungsbeziehungen zwischen Tieren einer Biozönose zuordnen (▶ M 2.2.3)

#### Allgemeine Hinweise

Mit den vier Arbeitsblättern zum Thema „Tiere im und am Bach“ kann eine Unterrichtseinheit für jüngere Schülerinnen und Schüler gestaltet werden. In ihnen werden die wichtigsten Themenaspekte zur Ökologie von Fließgewässern, die in dieser Altersgruppe als Unterrichtsthema geeignet sind, angesprochen (Monographische Beschreibung von Tieren, Tiere in ihrem Lebensraum, Nahrungsbeziehungen, Ursachen und Konsequenzen der Lebensraumzerstörung durch den Menschen).

Zur Beschreibung und Bestimmung der Tiere sollten neben den Kurzinformationen in ▶ M 2.2.1 auch andere Bestimmungsbücher, Tierlexika, Filme und Dias hinzugezogen werden. Sehr gute Beschreibungen zur Biologie von Bachtieren (Wirbellose) einschließlich Fotos gibt es bei SCHWAB (1995). Zur Biologie und Ökologie von Fischotter und Wasseramsel müssen andere Bücher zu Rate gezogen werden. Methodisch bietet es sich an, die Tiere in Referaten vorzustellen. Viele Kinder haben zu Haus eine große Anzahl an Tierbüchern, die sie nach entsprechenden Informationen durchsuchen sollten. Auch Filme sind eine gute Ergänzung.

#### Medien:

- FEY, M.J. (1996): *Biologie am Bach. Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz*. Quelle & Meyer. Wiesbaden.
- STEINBACH, G. (Hrsg.) (1995): *Säugetiere. Steinbachs Naturführer*. Mosaik Verlag. München.
- REUTHER, C. (1993): *Der Fischotter. Lebensweise und Schutzmaßnahmen*. Naturbuch Verlag. Augsburg.
- SAUER, F. (1997): *Wasservogel. Steinbachs Naturführer*. Mosaik Verlag. München.
- SCHWAB, H. (1995): *Süßwassertiere. Ein ökologisches Bestimmungsbuch*. Ernst Klett Verlag. Stuttgart.
- FWU (1976): *Die Bachforelle*. Videokassette Nr. 42 00266. 9 min.
- FWU (1991): *Der Fischotter*. Videokassette Nr. 42 01370. 15 min.

#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Gewässerausbau

✗ *Stell dir vor...*

In unmittelbarer Nähe eines natürlichen Baches (so einer wie auf dem Arbeitsblatt „Lebensraum Bach“ ▶ M 2.2.3) soll ein Acker angelegt und auf der anderen Seite eine Straße gebaut werden. Der Bach wird begradigt und mit Beton befestigt, damit er nicht über die Ufer geht. Die Bäume am Bach würden nur unnötig Schatten auf den Acker werfen...

✗ *Zeichne auf, wie der Bach nach dem Umbau aussehen würde!*

✗ *Was würde der Umbau für jedes einzelne der 8 Tiere bedeuten? Kannst du sie noch auf deiner Zeichnung unterbringen?*

✗ *Es wurde in der Vergangenheit viel Geld dafür ausgegeben, um die Verschmutzung der Bäche und Flüsse zu verringern. Reicht dies für den Schutz der Tiere aus?*

✗ *Überlege, wie die Bäche in deiner Umgebung aussehen.*

▶ FOLIE 1

#### Ergänzungsmaterial

▶ M 5.3 VON DER LEBENSADER ZUM KANAL

▶ FOLIE 1: GESICHTER HESSISCHER FLIESSGEWÄSSER



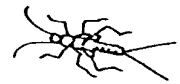
## Tiere im und am Bach – Lexikon



Die 1,5 bis 2,5 cm langen Kleinkrebse halten sich am Gewässergrund auf – meist unter Steinen. Da sie sich von Pflanzen ernähren, sind sie auch in Wasserpflanzenbeständen und angeschwemmtem Falllaub zu finden.

### Bachflohkrebs

Diese Wasserinsektenlarven erkennt man an den zwei Körperanhängen. Sie kommen in naturnahen Mittelgebirgsbächen vor, wo sie meist unter Steinen oder in Moospolstern zu finden sind. Die meisten Steinfliegenlarven ernähren sich vor allem von verrottenden Pflanzenteilen und Algen.



### Steinfliegenlarve

(z.B. *Nemoura*, *Leuctra*, *Isoperla*)



Die 25 - 50 cm große Bachforelle lebt in Bächen mit sauerstoffreichem, sauberem Wasser. Sie versteckt sich hinter größeren Steinen oder unter Überhängen am Ufer, wie sie zum Beispiel Erlenwurzeln bieten und lauert von dort auf ihre Beutetiere (Insekten und ihre Larven, Kleinfische, Fisch- und Amphibienlarven, Bachflohkrebs). Deshalb ist für das Vorkommen der Bachforelle neben der Wasserqualität auch die Gewässerstruktur von Bedeutung.

### Bachforelle



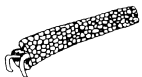
Der zu den Mardern gehörende Schwimm- und Tauchkünstler ist inzwischen sehr selten geworden, denn als Lebensraum benötigt er weiträumige, naturnahe Flusslandschaften. Auf seinen Wanderungen entlang des Gewässers legt er weite Strecken zurück, untersucht die Uferpartien, durchstöbert Höhlungen und Unterschlupfe und frisst alles, was ihm an lebender Beute im und am Gewässer begegnet (vor allem Fische, aber auch Vögel und Kleintiere).

### Fischotter

Der schillernd bunte Eisvogel wartet bewegungslos auf einem Ast und beobachtet den Bach. Kommt ein kleiner Fisch vorbeigeschwommen, stürzt sich der Eisvogel mit einem Kopfsprung ins Wasser und schnappt sich die Beute mit seinem spitzen Schnabel. Für das Anlegen seiner Nisthöhle benötigt er natürliche Steilufer (Prallhänge) am Bach.



### Eisvogel



Köcherfliegenlarven bauen sich eine Schutzhülle aus kleinen Steinen oder Pflanzenteilen und kriechen am Gewässergrund umher. Manche heften sich auch an Steinen fest, um von der Strömung nicht fortgespült zu werden. Dort suchen sie nach ihrer Nahrung, die vorwiegend aus Pflanzen (z.B. Falllaub) besteht. Es gibt auch Köcherfliegenlarven ohne Köcher, einige Arten davon leben räuberisch.

### Köcherfliegenlarve

(Arten mit Köcher, z.B. *Stenophylax*, *Limnophilus*, *Silo*)



Die Elritze ist ein kleiner, 7-10 cm langer Schwarmfisch, der vor allem in der Forellenregion von Fließgewässern vorkommt, denn er benötigt klares und sauerstoffreiches Wasser. Meist halten sich Elritzen nahe der Wasseroberfläche auf, um Insekten zu jagen. Aber auch die Kleintiere des Gewässergrundes gehören zu ihrer Nahrung.

### Elritze

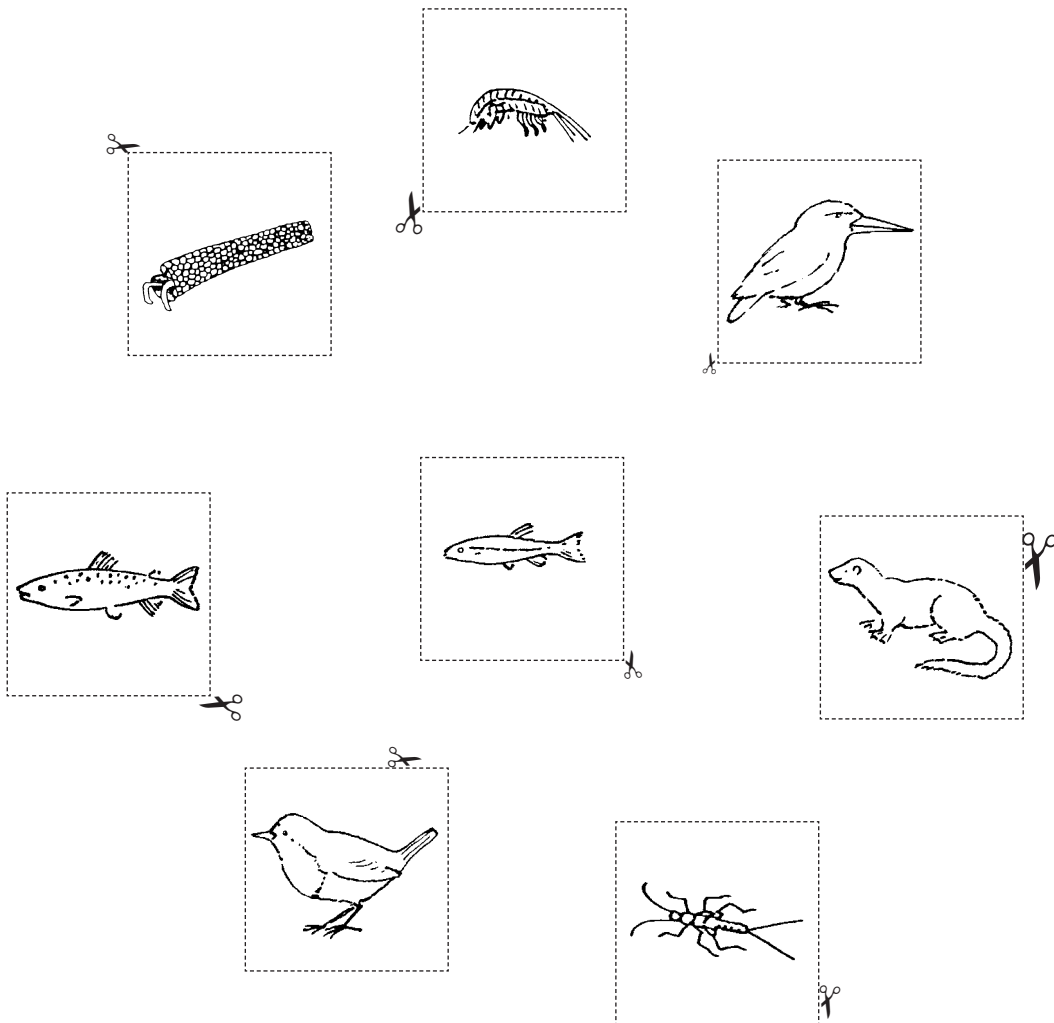
Wie keine zweite heimische Vogelart ist die Wasseramsel an das Leben an und im Fließgewässer angepasst. Schwimmend und tauchend jagt sie nach kleinen Fischen und Wasserinsekten und kann sogar Steine im Wasser umdrehen, um sie nach kleinen Beutetieren abzusuchen. Das aus Moos gebaute Nest ist oft unter Brücken zu finden.



### Wasseramsel



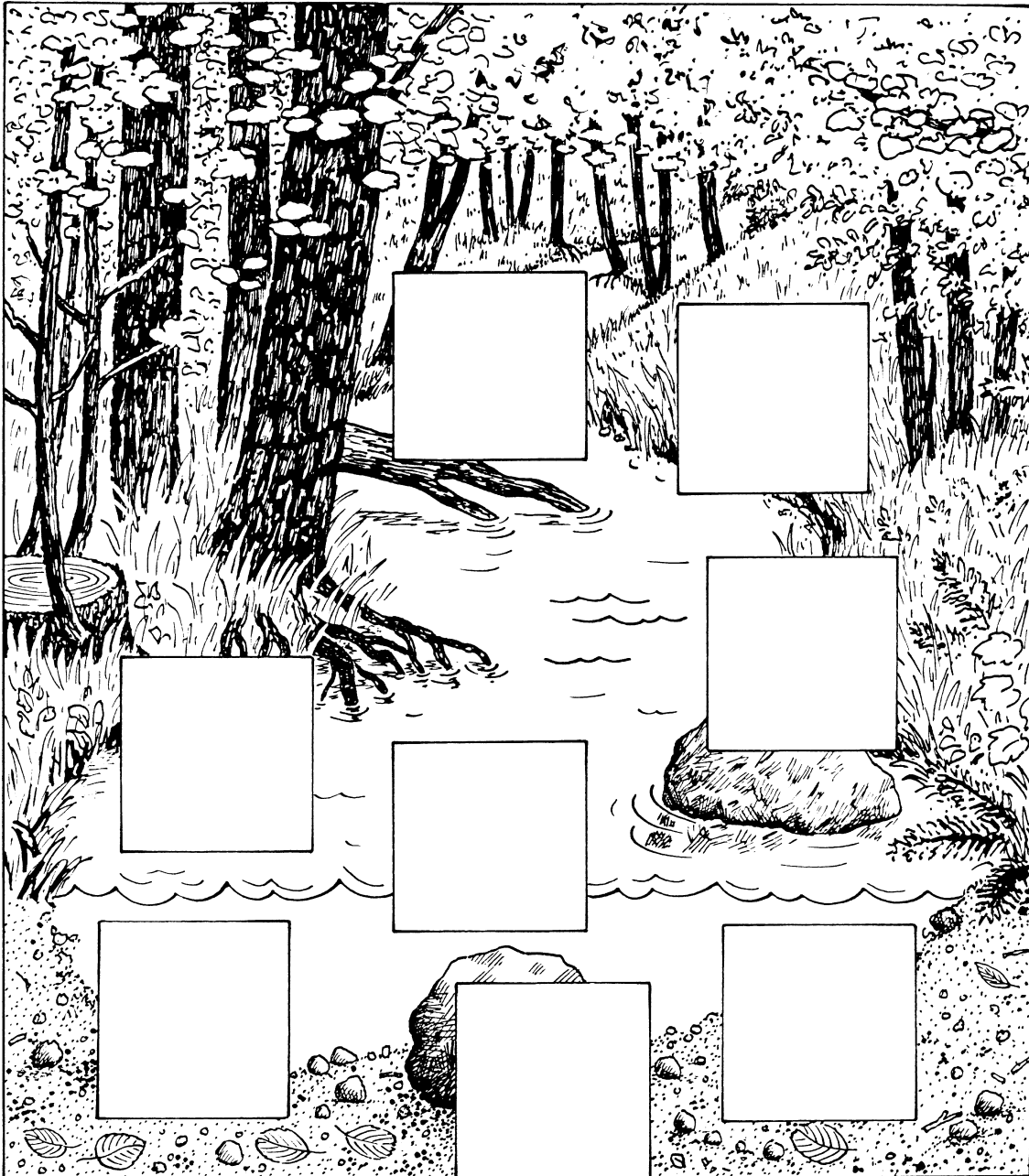
## Tiere im und am Bach – Ausschneidebogen



Aufgaben

1. Informiere dich über die Lebensweise und die Ernährungsgewohnheiten der abgebildeten Tiere!
2. Schneide die Abbildungen aus und gib jedem Tier seinen Platz im oder am Bach  
 ► AUFKLEBBOGEN M 2.2.3) und klebe es ein. Achte dabei darauf, wo das Tier sich vorwiegend aufhält!

## Tiere im und am Bach - Aufklebebogen



Aufgaben

1. Gib jedem der 8 Tiere vom Ausschneidebogen (► M 2.2.2) seinen Platz in der Zeichnung und klebe es ein. Achte dabei darauf, wo das Tier sich vorwiegend aufhält!
2. Wer ernährt sich von wem? Erstelle ein Nahrungsnetz!
3. Erstelle verschiedene Nahrungsketten. Wie viele Glieder haben sie?



- ▶ M 2.3.1
- ▶ M 2.3.2
- ▶ M 2.3.3
- ▶ M 2.3.4

## Lebensraum Fließgewässer

### Bäume am Bach

#### Zielgruppe

Sek. I

#### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Deutsch, Kunst, Projektunterricht

#### Ziele

- die wichtigsten Baumarten der Bach- und Flussauen kennenlernen

#### Allgemeine Hinweise

Das Wissen um die Bäume an Bächen und Flüssen gehört zu einer Unterrichtseinheit Gewässer dazu. In den Informationstexten auf den Arbeitsblättern wird vor allem die ökologische Bedeutung der Baumart für die Aue und das Gewässer beschrieben, aber auch auf den Bezug des Menschen zu den Bäumen eingegangen. Botanische Einzelheiten und Äußerlichkeiten der Bäume werden weniger beschrieben – das sollen die Schüler und Schülerinnen im Freiland durch Zeichnungen, Fotos oder Beobachtungsprotokolle selbst tun. Einzelheiten können in Bestimmungsbüchern nachgelesen werden.

#### Einbindung des Themas in den Unterricht

Die Arbeitsblätter können an beliebigen Stellen in eine Unterrichtseinheit zum Thema Gewässer einbezogen werden. Eine Möglichkeit besteht darin, die Bäume in Referaten vorzustellen.

##### ● Baumsteckbrief

✕ Fertige einen Baumsteckbrief nach folgendem Muster an:

- Name
- Aussehen, Erkennungsmerkmale
- Standort
- Besonderheiten

✕ Ergänze den Steckbrief durch Fotos, Zeichnungen, selbst gesammelte und gepresste Blätter oder eine Baumrindenzeichnung!

##### ● Herstellung einer Baumrindenzeichnung

Dazu wird ein Blatt Papier mit einem gut klebenden Klebestreifen am Baum befestigt (z.B. Isolierband). Mit Wachsmalkreide so über das Papier streifen, dass die Rindenstruktur sichtbar wird.

##### ● Anpassungen von Bäumen an ihren Lebensraum

✕ Überlege, welche besonderen Lebensbedingungen für Bäume der Flussauen und Bachtäler herrschen?

Welche Anpassungen an ihren Lebensraum haben die dort wachsenden Bäume (Erlen, Weiden, Pappeln) entwickelt?

#### Lebensbedingungen

#### Anpassungen

Feuchter Boden

Vertragen Staunässe

Hochwasser

Vertragen mechanische Belastungen

Hohe Regenerationsfähigkeit

Schnell wachsend; Weichholz\*

Offene, sich häufig verändernde Landschaft

Lichtkeimer

\* Die charakteristischen Bäume der Auen (Pappeln, Weiden, Erlen) wachsen an ihren Trieben während der ganzen Vegetationszeit. Die Triebe der meisten anderen Bäume dagegen wachsen nur in 2-3 Wochen im Frühjahr in die Länge. Wegen des schnellen Wachstums ist das Holz von Pappeln, Weiden und Erlen verhältnismäßig weich („Weichholz“).

## Lebensraum Fließgewässer

### Bäume am Bach



#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Tiere am Baum

**X** Suche dir einen Baum am Bach zur Beobachtung aus. Am besten geeignet sind Weiden und Erlen. Beobachte über einen längeren Zeitraum (mindestens 30 Minuten), welche Tiere sich auf oder am Baum aufhalten. Führe ein Protokoll nach folgendem Muster:

✓ Beobachtungsprotokoll: Tiere am Baum

- Baumart:
- Standort:
- Beobachter/-in:
- Beobachtungszeitraum:

Zu welcher Tierart/Tiergruppe gehört der Baumbesucher?

Wo hält sich das Tier auf?

Wie verhält sich das Tier?

---



---



---



---

Detaillierte Arbeitsvorschläge zur Beobachtung von Tieren an Bäumen bei FEY (1996) und SCHARFENBERG (1994).

##### ● Ein Baum im Jahreslauf

**X** Suche dir einen Baum für eine „Baumpatenschaft“ aus. Besuche ihn je nach Jahreszeit alle ein bis vier Wochen und protokolliere die Veränderungen: Wie verändern sich die Blätter? Wie verändern sich Blüten und Früchte? Fertige Zeichnungen oder Fotos an.

##### ● Bäume in Straßennamen, Orts- und Flurbezeichnungen

**X** Suche das Straßenverzeichnis des Stadtplans, eine Umgebungskarte, oder für eine noch längere Liste das Postleitzahlenverzeichnis nach Bezeichnungen ab, die auf Bäume hinweisen z.B. Eschenstruth, Erlenloch, Erlenrain, Pappelallee ... Sind die Bäume heute noch zu finden?

#### Literatur

FEY, M. (1996): Biologie am Bach. Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz. Biologische Arbeitsbücher Quelle & Meyer. Wiesbaden.  
 NEUMANN, A.; NEUMANN, B. (2003): Wasserfühlungen. Das ganze Jahr Naturerlebnisse an Bach und Tümpel. Ökotopia-Verlag, Münster.  
 SCHARFENBERG, FJ. (1994): Was krabbelt an der Baumrinde? Unterricht Biologie. 199:18-22.



# Die Erle

Infotext

Die Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) ist von ihrer natürlichen Verbreitung her der wichtigste einheimische Baum an Bachläufen und in Feuchtgebieten. Denn im Gegensatz zu den meisten anderen Bäumen können Erlen problemlos direkt am Wasser oder auf ständig feuchten Böden stehen. Das stark verzweigte, kräftige Wurzelwerk kann sich bis weit unter die Bachsohle ausdehnen und trägt damit zur Uferbefestigung bei. Deshalb werden Erlen zur natürlichen Ufersicherung bei der Renaturierung von Gewässern angepflanzt.

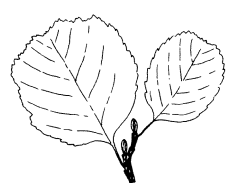
Die Erle wächst schnell und kann bis zu 30 m hoch werden. Wird sie durch Verbiss oder Schnitt kurzgehalten, schlägt sie immer wieder aus.

Überlässt man das Ufer und die nähere Umgebung eines Baches sich selbst, so siedeln sich Erlen schon bald von selbst an und können schon nach wenigen Jahren einen Bach so beschatten, dass Algen und Wasserpflanzen nur noch wenig wachsen.

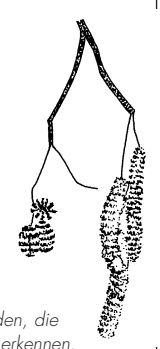
Ein Ufersaum aus Erlen wirkt noch auf andere Weise der Eutrophierung entgegen: Er verhindert, dass Dünger und Schadstoffe von umliegenden Äckern und Wiesen in den Bach gelangen. Das Anlegen und die Erhaltung von Erlensäumen an Bächen ist auch für Tiere wichtig, denn in den Bäumen finden Insekten, Vögel und kleine Säugetiere Nahrung und Unterschlupf. Erlen sind Anfangsglied einer Nahrungskette im Ökosystem Bach. So ernähren sich Bachflohkrebse hauptsächlich von Erlenfalllaub. Bachflohkrebse wiederum sind wichtige Nährtiere für Fische – vor allem Forellen.



Wo Erlen stehen, ist Wasser nicht weit: Sie ist ein typischer Baum der Bachufer und Auenwälder.

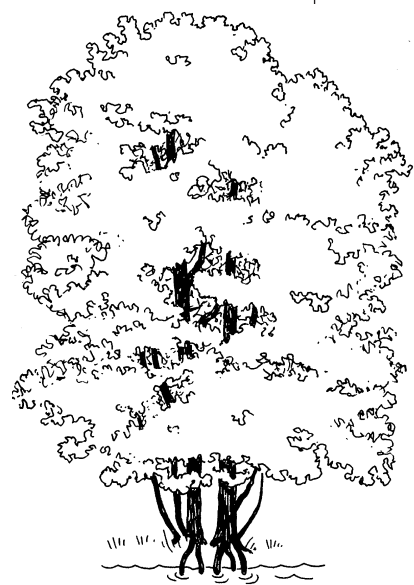
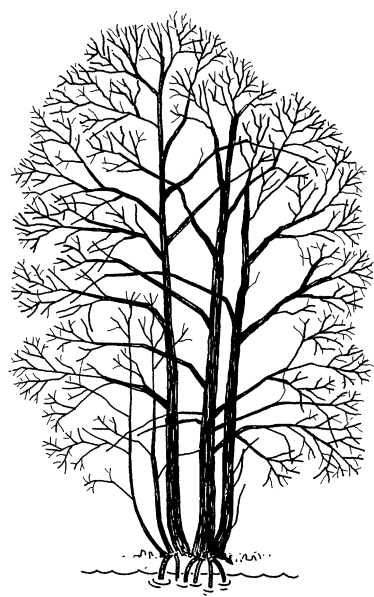


Erlenblätter sind das Anfangsglied einer Nahrungskette im Ökosystem Bach.



Erlen kann man an ihren Fruchtständen, die zu kleinen Zapfchen verholzen, gut erkennen.

Den Menschen war die Erle lange Zeit unheimlich, da sie am liebsten feuchte Gebiete wie Flussauen und Moorlandschaften besiedelt, das noch unbebaute Land, von dem man nicht wusste, wer es eigentlich bewohnt. Dort war die Erde noch nicht ganz vom Wasser geschieden und in diesen dunklen, nebligen Erlenlandschaften vermutete man Wassergeister und Nebelfeен, Moorgeister und Irrlichter. Arle, Ilse oder Else nannte man die Erlenfrauen; Elfen und Hexen mit Haaren so blutrot wie das gefällte Erlenholz...



Die charakteristische Wuchsform der Erle ist besonders gut im Winter zu erkennen.

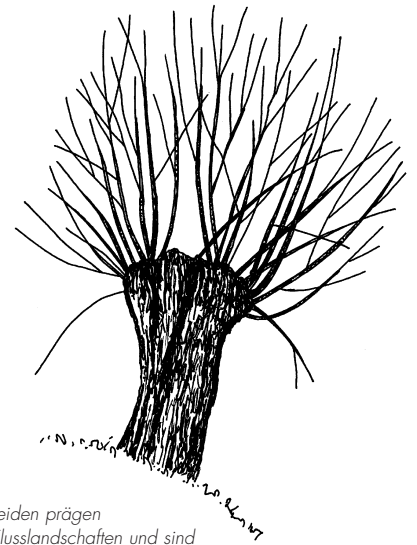
© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Die Weide



Infotext O

Weiden sind die vorherrschenden Bäume an größeren Flüssen und in weiten Auenlandschaften, denn sie ertragen selbst lang anhaltende Überflutungen und für andere Bäume zerstörerische Hochwasser, die an den Mittel- und Unterläufen der Flüsse natürlicherweise häufiger als an den Oberläufen vorkommen. Dies liegt zum einen an der Fähigkeit der Weiden, aus der Rinde rasch zusätzliche Wurzeln (Adventivwurzeln) auszubilden, mit denen sie sich bei Überflutungen mit Sauerstoff von der Wasseroberfläche versorgen können. Zum anderen ist das Holz der Weide ausgesprochen biegsam und robust. Sollte bei einem besonders starken Hochwasser oder durch Eisgang doch eine Weide in Mitleidenschaft gezogen werden, so wachsen aus dem abgebrochenen Stamm, ja sogar aus den fortgeschwemmten und an anderer Stelle angespülten Zweigen schnell wieder neue Triebe heraus. Deshalb werden Weidenzweige auch als natürliche Uferbefestigung verwendet.



*Knorrige Kopfweiden prägen das Bild vieler Flusslandschaften und sind wichtiger Lebensraum für seltene Tierarten wie Steinkauz, Siebenschläfer und Baumfledermäuse.*

Wegen dieser einzigartigen Fähigkeit, sich auch ohne Samen immer wieder zu regenerieren, war die Weide in alter Zeit ein wichtiges Sinnbild für den Kreislauf des Lebens, für das Entstehen und Absterben zugleich. Die knorrigen, im Mondlicht unheimlich erscheinenden Kopfweiden haben schon immer die Phantasie der Menschen angeregt: Nach alten Erzählungen verschwanden die Hexen als schöne Mädchen in den hohlen Weiden, um dann etwas später als fauchende Katzen wieder herauszuspringen und die Leute im Dorf zu erschrecken.

Kopfweiden sind keine eigene Weidenart, sondern erhalten ihr typisches Aussehen dadurch, dass sie regelmäßig zurückgeschnitten werden. Früher wurde dieses getan, um Ruten für die Korbflechterei zu gewinnen, heute wird versucht, Kopfweiden durch Pflegemaßnahmen zu erhalten, denn je älter die Kopfweiden werden, desto mehr Leben siedelt sich auf ihnen an: Seltene gewordene Höhlenbrüter wie z.B. der Steinkauz nisten im morschen Inneren der alten Weidenstämme. Vögel bringen Samen mit, aus denen Holunder, bitterer Nachtschatten und andere Pflanzen austreiben. Auf der knorrigen Rinde wachsen Flechten, Moose und Algen, die wiederum Nahrung für Insekten sind.

Viele Tierarten sind sogar ganz auf Weiden spezialisiert: Blattwespen, viele Schmetterlingsarten, zahlreiche Blatt- und Rüsselkäfer finden sich auf Weidenlaub. Im Weidenholz entwickeln sich der Weidenbohrer und eine Reihe von Borkenkäferarten. Viele Singvögel nutzen dieses reiche Beutetierangebot. Aus diesem Grund zählen die von Weiden dominierten Weichholzaunen zu den artenreichsten Lebensräumen Mitteleuropas.



*Blätter der Salweide*



*Blätter der Silberweide*

Die unüberschaubare und schwer zu bestimmende Vielfalt der Weiden rührt daher, dass sie natürlicherweise Bastarde bilden, die auch untereinander fruchtbar sein können. In Deutschland gibt es wildwachsend etwa 50, weltweit über 500 Weidenarten. Entsprechend vielfältig sind die Wuchsformen. In den Alpen gibt es sie als Zwergsträucher bis weit über die Baumgrenze (*Salix alpina*). Ein stattlicher, bis 30 m hoher Baum wird die Silberweide (*Salix alba*). Zwischen diesen Extremen gibt es zahlreiche Übergänge. Der Großteil der Weiden wächst strauchförmig.



## Die Pappel

Infotext



Die Pyramidenpappel ist eine aus Persien stammende Form der Schwarzpappel.

Pappeln sind mit den Weiden verwandt, kommen in natürlichen Auwäldern jedoch nur als Einzelbäume vor. In Mitteleuropa sind drei Pappelarten heimisch: die Schwarzpappel (*Populus nigra*), die Silberpappel (*Populus alba*) und die Zitterpappel (*Populus tremula*).

Heute sieht man vor allem Zuchtformen der Pappel (Hybridpappeln). In Reih´ und Glied stehen sie an Flussufern, entlang von Landstraßen, am Rand von Ortschaften, Fußballplätzen und überall dort, wo andere Bäume wegen zu großer Feuchtigkeit oder anderer Widrigkeiten nicht mehr wachsen. Das Anpflanzen und die Zucht besonders schnellwüchsiger Pappeln durch das Einkreuzen fremdländischer Arten wurde von eigens gegründeten Pappelvereinen vor allem in der Nachkriegszeit vorangetrieben. Das Holz hat zwar keine besonders gute Qualität, wächst jedoch schnell und kann zu Gebrauchsartikeln wie Streichhölzer, Holzschuhe, Paletten und Kisten verarbeitet sowie zur Zelluloseherstellung verwendet werden. Die großen Hoffnungen haben sich nicht erfüllt, weil die Zuchtformen krankheitsanfällig sind und viele Artikel der Pappelholzindustrie heute nicht mehr gebraucht werden.



Die echte Schwarzpappel ist inzwischen selten geworden.

### Pappeln

Da stehen sie am Wege nun,  
Die langen Müßiggänger,  
Und haben weiter nichts zu tun  
Und werden immer länger.

Da stehn sie mit dem steifen Hals,  
die ungeschlachten Pappeln,  
und wissen nichts zu machen als  
mit ihren Blättern zappeln.

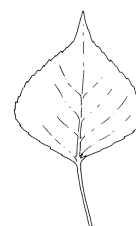
Sie tragen nicht, sie schatten nicht  
Und rauben wo wir wallen,  
Uns nur der Landschaft Angesicht  
Wem könnten sie gefallen?

(Friedrich Rückert)

Pappeln sind Rekordhalter im Schnellwachsen: Zuchtformen bringen es auf 1 m Zuwachs im Jahr und verdrängen, wenn sie dicht stehen, alle anderen Pflanzen um sich herum. Dies hat folgenden Grund: Die leichten Blätter der Pappel werden vom Wind ständig bewegt (bei der Zitterpappel ist dies besonders ausgeprägt) und verdunsten dabei auch sehr viel Wasser. Dieses Wasser muss aus dem Stamm wieder nachgeliefert werden: mehr Transpiration bedeutet eine bessere Nährsalz- und Wasserversorgung und entsprechend schnelles Wachstum. Direkt an Gewässern und in großer Zahl gepflanzt, sind Pappeln problematische Bäume: die flachen Wurzeln befestigen das Ufer nicht. Außerdem wird das ins Wasser fallende Laub nur schwer zersetzt und führt zu Faulschlammablagerungen. Soll man also alle Pappeln fällen? Sicher nicht, denn als Allee oder Einzelbaum sind sie besser als gar kein Baum, vorausgesetzt, es handelt sich um die einheimischen Arten. Auch kann man Pappeln ähnlich wie Weiden köpfen und so einen Lebensraum für seltene Höhlenbrüter, Insekten und andere Tiere schaffen. In unmittelbarer Gewässernähe sollten Pappeln jedoch nicht stehen.

Zustand von Blättern in Bächen im März. Für den Bach ist es nicht gleichgültig, welche Baumart am Ufer wächst. Je länger die Blätter unversehrt im Bach liegen, desto größer die Gefahr von Faulschlammablagung.

Zustand der Blätter	Schwarzpappel	Erle
Unversehrt	35%	5%
Angefressen	40%	45%
Skelettiert	25%	50%





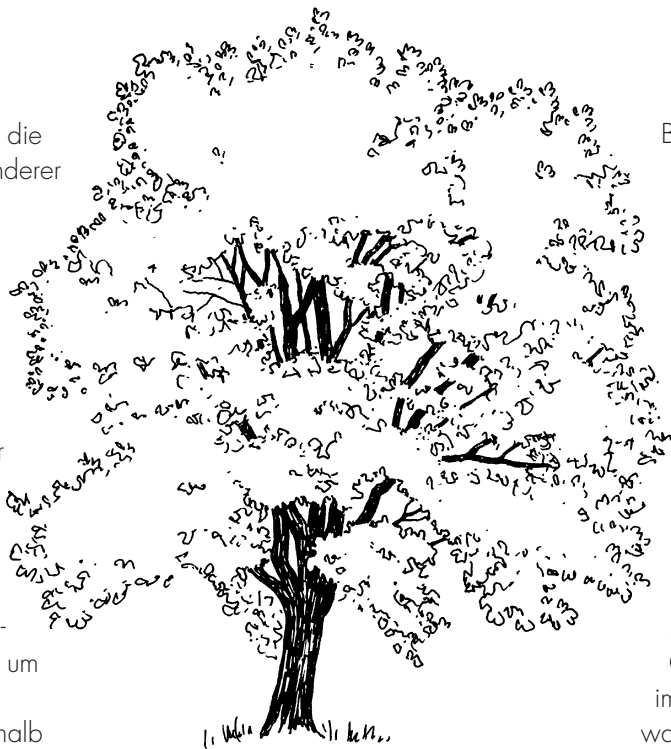
## Die Esche



Infotext

Die Esche (*Fraxinus excelsior*) wächst in lichten Auwäldern, Schlucht- und Laubmischwäldern. Als Einzelbaum in der freien Landschaft wird die Krone breit und der Stamm bis zu 1 m dick. Weil sie im Gegensatz zur Weide oder Erle stehende Nässe nicht verträgt, wächst sie natürlicherweise nicht direkt am Wasser, sondern in den Hartholzauen, die nur bei extremem Hochwasser überflutet werden.

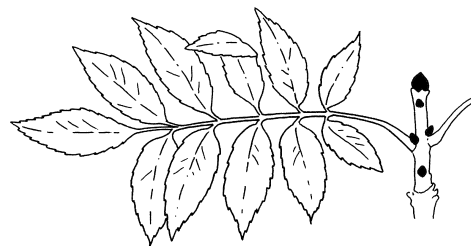
Für die Menschen war die Esche immer ein besonderer Baum. So gibt es in der germanischen Mythologie die Geschichte von der „Welteneiche“: Ihre Wurzeln sind in den Abgründen der Unterwelt verankert, ihr Stamm trägt die Erde und ihre Krone stützt das Himmelsgewölbe. Über die Brücke des Regenbogens kommen die Götter herab, um im Schatten der Esche Gericht zu halten, deshalb waren Eschen als „Götterbäume“ heilige Orte.



*Die Esche, der germanische „Götterbaum“, ist einer der höchsten einheimischen Bäume.*

Neben der mythologischen Bedeutung ist die Esche schon seit langem von praktischem Nutzen für die Menschen. Im Mittelalter wurden Eschen gern in der Nähe von Burgen angepflanzt, denn aus dem äußerst festen, aber dennoch biegsamen, langfaserigen Holz wurden Lanzen und Speere gefertigt. Später stellte man Skier, Werkzeugstiele, Turmgerätschaften, Parkett und andere nützliche Gegenstände aus Eschenholz her. In Gegenden, wo das Viehfutter immer schwierig zu beschaffen war, wie den Alpen, wurde das Laub der Esche geerntet und an Schafe und Ziegen verfüttert.

Tatsächlich ist die Esche ein sehr auffälliger Baum, darauf weist schon der lateinische Arname „excelsior“ (= nobel) hin. Die Esche wird mit über 40 m höher als andere Bäume. Die großen Fiederblätter, die der Krone ein liches, exotisches Aussehen verleihen, erscheinen erst spät im Frühjahr, wenn wirklich kein Frost mehr zu erwarten ist. Die geflügelten, propellerartigen Früchte der Esche bleiben oft den ganzen Winter in dichten Büscheln an den Zweigen. Erst bei starkem Wind lösen sie sich ab und fliegen mehrere hundert Meter weit.



*Gut zu erkennen ist die Esche an den schwarzen Knospen und den gefiederten Blättern.*



► M 2.4

## Lebensraum Fließgewässer

### Im Wechselspiel der Wasserstände – Lebensraum Aue

#### Zielgruppe

Ab Klasse 8

#### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- Zonierung einer Flussaue und ihre Lebensbedingungen beschreiben
- Zusammenhang von Lebensraumvielfalt und Artenvielfalt erkennen
- Auswirkungen des Gewässerausbaus auf die Aue und ihre Lebensgemeinschaften erkennen und exemplarisch erkunden

#### Durchführung/Aufgaben

✗ *Wodurch wird die Ausdehnung der Auenbereiche in erster Linie bestimmt?*

Wasserstand, sowie Häufigkeit und Ausuferung des Hochwassers; ferner Nutzung. Gegenwärtig gibt es kaum noch natürliche Flussauen, da die meisten Auwälder abgeholzt und die Flüsse begradigt worden sind.

✗ *An welche Lebensbedingungen müssen die Tiere und Pflanzen der verschiedenen Auebereiche besonders angepasst sein?*

Durch Hochwasser bedingte regelmäßig auftretende Veränderungen; natürliche Dynamik ► SACHINFORMATIONEN.

✗ *Natürliche Auen zählen zu den mit Abstand artenreichsten Lebensräumen Mitteleuropas. Warum?*

Biotopvielfalt = Artenvielfalt; Weiteres ► SACHINFORMATIONEN.

#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Freilandprojekt: Auenerkundung

✗ *Vergleiche die Aue eures Untersuchungsbaches mit dieser „Idealaue“. Zeichne dazu einen Querschnitt (► M 1.4) und darin die vorhandenen Zonen ein. Ist eine ausgeprägte Wasserwechselzone, die auf regelmäßige, natürliche Hochwässer hinweist, vorhanden? Welche Zonen fehlen? Warum? Welche Konsequenzen hat dies für die Tier- und Pflanzenwelt?*

Ausgedehnte Auwälder sind die natürliche Vegetationsform der Mittel- und Unterläufe größerer Flüsse. An Bächen und Oberläufen ist das vom Gewässer geprägte Vegetationsband aufgrund der Talform und der geringeren Wassermenge schmaler. In extensiv genutzten Bachtälern gibt es Feuchtwiesen, die ökologisch auch von großer Bedeutung sind. Der Einfluss eines naturnahen Baches reicht über das Ufer hinaus. Voraussetzung für die Ausprägung der ökologisch so bedeutsamen Wasserwechselzone sind regelmäßig auftretende, natürliche Hochwässer und ein flaches Gewässerbett. Ein wichtiges Kennzeichen naturferner, ausgebauter Fließgewässer ist die Vernichtung der Wasserwechselzone. Die Aue wird vom Wasser abgeschnitten.

Ökologisch intakte, ausgedehnte Auen gibt es nur noch sehr wenige, meist stehen sie unter Naturschutz. In einigen gibt es Informationszentren und es werden geführte Exkursionen angeboten.

#### Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterial

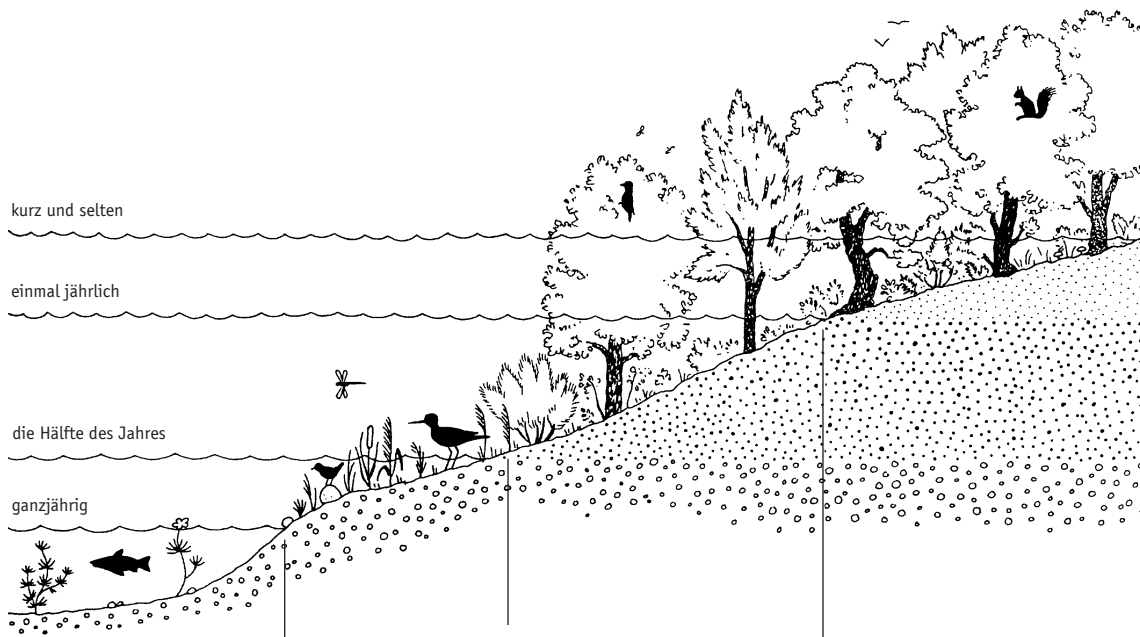
- M 1.7 NATÜRLICH – WAS BEDEUTET DAS?
- M 5.2 GESCHICHTE EINER AUE
- M 5.3 GEWÄSSERAUSBAU UND SEINE FOLGEN

Medien:  
GERKEN, B. (1988): Auen – Verborgene Lebensadern der Natur. Rombach-Verlag, Freiburg.  
FWU (1993): Der Auwald. Videokassette Nr. 42 10246. 15 min.

# Im Wechselspiel der Wasserstände - Lebensraum Aue



In einer natürlichen, vom Menschen unveränderten Aue unterscheidet man charakteristische Zonen, die jeweils einen typischen Tier- und Pflanzenbestand aufweisen. In Wirklichkeit sind die Zonen oft nicht so deutlich abgrenzbar wie in der schematisierten Abbildung. Sie gehen fließend ineinander über und können je nach Wasserführung unterschiedlich stark ausgeprägt sein.



**Aquatische Zone**  
(Unterwasserzone)

**Amphibische Zone**  
(Wasserwechselzone)

**Terrestrische Zone**  
(Überwasserzone)

<b>PFLANZEN</b>	Wasserhahnenfuß Laichkraut Wasserstern	Gänsefuß Knöterich Pestwurz Schilf Rohrglanzgras Brennnessel	<b>Weichholzaue</b>  Schwarzerle Weiden	<b>Hartholzaue</b>  Eiche Ahorn Esche Hainbuche Ulme Birken
			Artenreiche Kraut- und Strauchschicht: Traubenkirsche, Hopfen, Pfaffenhütchen Waldrebe, Hasel, Efeu, Faulbaum	
<b>TIERE</b>	Fische Wasserinsektenlarven	Amphibien Libellen Flussuferläufer	Nachtigall Pirol Spechte Schwarzmilan Fischadler	
	Wassermusel Biber Fischotter			



Zonierung eines Fließgewässers im Längsverlauf

► M 2.5

**Zielgruppe**

Sek. II

**Fachbezug**

Biologie

**Ziele**

- am Beispiel der Ernährungstypen die Abhängigkeit der Biozönose von den jeweils herrschenden Umweltfaktoren erkennen
- die Veränderungen und das Zusammenspiel der biotischen und abiotischen Faktoren im Längsverlauf eines Fließgewässers erarbeiten

**Durchführung/Aufgabenstellungen**

✗ *Beschreiben und erklären Sie die Veränderung der Lebensgemeinschaften von der Quelle bis zur Mündung.*

**Allgemeine Hinweise**

Die Veränderung der abiotischen und biotischen Faktoren im Längsverlauf eines Fließgewässers und ihre komplexen Wechselwirkungen (dargestellt in ► ABBILDUNG 2-11) sind nur wirklich zu verstehen, wenn sie im Unterricht Schritt für Schritt erarbeitet werden. Als Ausgangspunkt wird hier ein Vergleich der Ernährungstypen der Wirbellosen in den verschiedenen Flussabschnitten vorgeschlagen.

**Vertiefung**

● **Konkretisierung**

✗ *Zu welcher Region gehört das von den Schülerinnen und Schülern untersuchte Gewässer? Wo beginnen und enden die verschiedenen Flussregionen?*

Dazu den Weg des Gewässers von der Quelle bis zur Mündung in das Meer im Atlas verfolgen.

**Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterial**

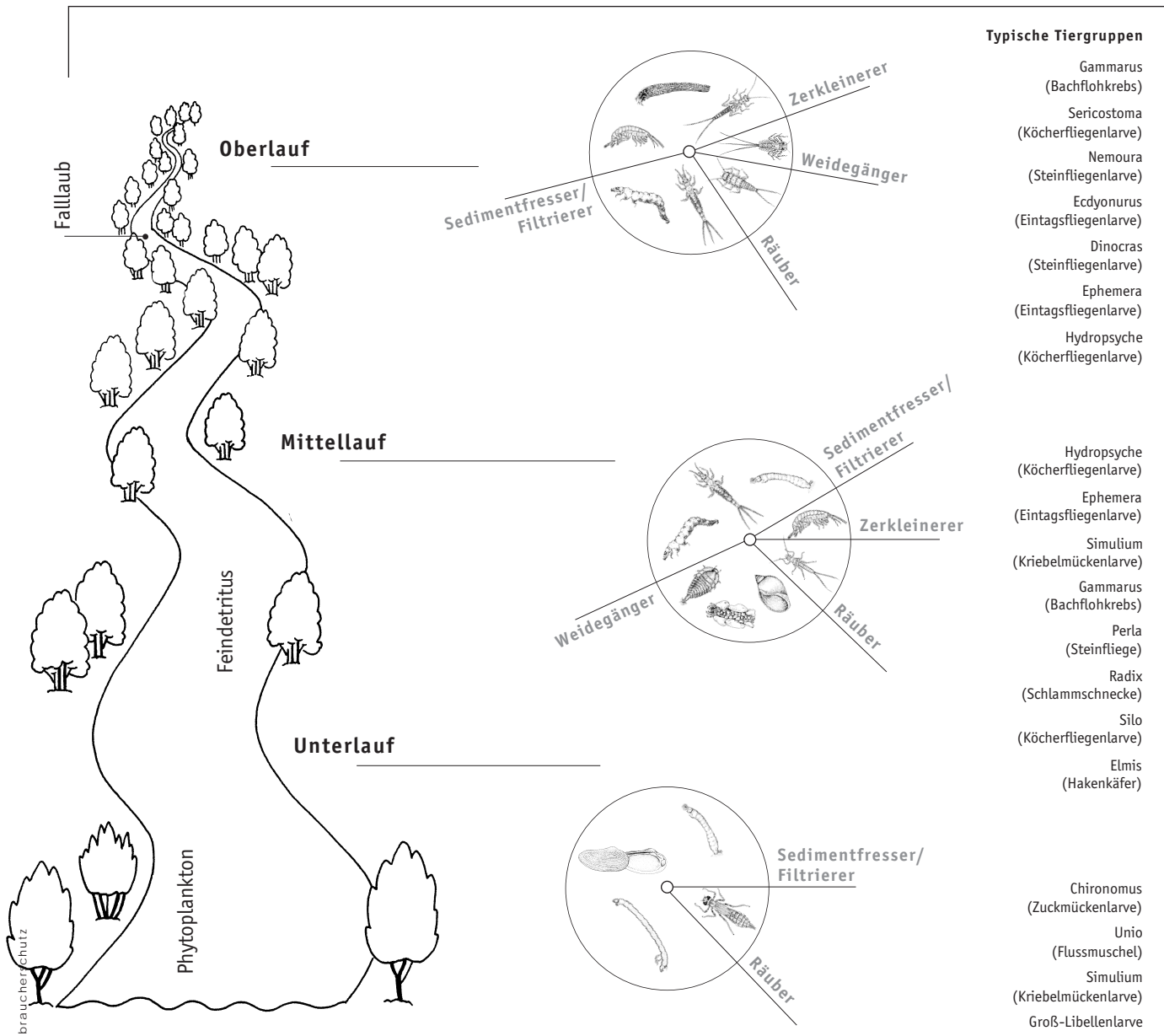
► M 5.5 PROBLEM STAUHALTUNGEN

Region	Ernährungstypen Makrobenthos	Herkunft ihrer Nahrung/Erklärung Ernährungstypen
Oberlauf	hauptsächlich Zerkleinerer	ernähren sich von Falllaub, das von den dicht stehenden Uferbäumen eingetragen wird (allochthoner Nährstoffeintrag)
	Sedimentfresser/Filtrierer	ernähren sich von Detritus, den die Zerkleinerer bereitstellen
	wenig Weidegänger	kaum Algenaufwuchs auf Hartsubstraten, da vollständige Beschattung
Mittellauf	Zunahme Sedimentfresser/Filtrierer	mehr (Fein-)Detritus vom Oberlauf
	Zunahme Weidegänger	Algenaufwuchs auf Hartsubstraten (Steinen) dichter, da Baumbestand lockerer, unvollständige Beschattung
	Abnahme Zerkleinerer	weniger Grobdetritus, da Baumbestand lockerer
Unterslauf	nur Sedimentfresser/Filtrierer	viel Feindetritus und Phytoplankton im freien Wasser (keine Beschattung, geringe Fließgeschwindigkeit)
	keine Zerkleinerer	kein Falllaub/Grobdetritus, da Baumbestand vereinzelt
	keine Weidegänger	keine Aufwuchsfläche für Algen, Feindetritus deckt Hartsubstrate zu

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

*Literatur*  
 BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Band 4. München.

## Zonierung eines Fließgewässers im Längsverlauf



### ERNÄHRUNGSTYPEN DES MAKROBENTHOS

**Weidegänger:** Weiden den Aufwuchs (Algen und Bakterien) von Steinen und anderen Hartsubstraten ab.

**Zerkleinerer:** Ernähren sich von Falllaub und anderem groben organischen Material, das noch zu zerkleinern ist.

**Sedimentfresser/Filtrierer:** Ernähren sich von feinpartikulären, organischen Stoffen wie zerkleinertem, verrottenden Pflanzenmaterial (Detritus), Bakterien, lebenden Algen.

**Sedimentfresser** sammeln die Nahrungspartikel aus dem Sediment auf.

**Filtrierer** fangen schwebende Nahrungspartikel aus dem freien Wasser ein.

**Räuber:** Ernähren sich von lebenden Tieren.



► M 2.6

## Lebensraum Fließgewässer

### Ökologische Bedeutung einer vielfältigen Gewässerstruktur – Beispiel Elritze

#### Zielgruppe

Sek. II

#### Fachbezug

Biologie

#### Ziele

- am Beispiel der Elritze erkennen, dass auch Tiere einer Art in verschiedenen Entwicklungsphasen in verschiedenen Habitaten vorkommen
- erarbeiten, dass durch den Habitatwechsel die empfindlichen Jugendstadien vor Verdriftung geschützt werden (Strömungsanpassung) und außerdem innerartliche Konkurrenz vermieden wird
- ökologische Bedeutung naturnaher, strukturreicher Fließgewässer erkennen

#### Allgemeine Hinweise

Die Elritze ist ein Schwarmfisch und wie Lachs, Äsche und Forelle ein Kieslaicher. Wie bei vielen Fischarten sind die Habitatansprüche je nach Jahreszeit und Entwicklungsphase unterschiedlich (Habitatwechsel!), deshalb sind sie auf reich strukturierte Gewässer angewiesen. Die jungen Elritzen halten sich in der Regel in flachen (wärmeren) Stillwasserbereichen und in Röhrichtbeständen auf, während adulte Fische im tieferen Wasser über kiesigem Grund stehen. Auch die jahreszeitlich bedingten Änderungen des Aufenthaltes im Gewässer sind sehr ausgeprägt. Im Winter werden meist tiefliegende Unterstände aufgesucht, wobei sich Jungfische und adulte Tiere räumlich voneinander getrennt in Schwärmen aufhalten.

Das Wissen um die Biologie und Ökologie der Elritze ist keine Voraussetzung für die Bearbeitung des Arbeitsblattes. Die wichtigsten Informationen sind aus den Abbildungen zu ersehen. Detailinformationen zur Elritze können jedoch über ein Kurzreferat eines interessierten Schülers/einer Schülerin in den Unterricht eingebracht werden.

#### Durchführung/Aufgabenstellungen

*X Beschreiben Sie, wo sich Elritzen verschiedener Lebensphasen aufhalten!*

*X Welchen Grund könnte die Bevorzugung eines bestimmten Habitats haben? Bedenken Sie dabei die spezifischen abiotischen Bedingungen sowie die Lebensansprüche der Fische in den verschiedenen Entwicklungsstadien.*

Entwicklungsphase	Aufenthaltsort	Begründung
<b>Laich</b>	Auf Feinkies	Elritzen laichen über Kiesgrund, weil die Eier und später die Larven unmittelbar nach dem Befruchten in das Kieslückensystem wandern
<b>Larven</b>	Entwickeln sich im Kieslückensystem	Schutz vor Verdriftung und vor Räubern
<b>Jungfische</b>	Im Sommer: In strömungsarmen Flachwasserzonen Im Winter: unter Erlenüberhängen/Baumwurzeln; jedoch getrennt von den adulten Tieren	Schutz vor Verdriftung; Wärme Schutz vor Verdriftung; Aufsuchen eines Ruheplatzes (Energieeinsparung!); Vermeiden innerartlicher Konkurrenz
<b>Adulte Tiere</b>	Im Sommer: Männchen und Weibchen in Schwärmen voneinander getrennt, über Kies; halten sich in tieferen Wasserzonen als Jungfische auf Im Winter: unter Erlenüberhängen/Baumwurzeln; jedoch in tieferen Zonen als die Jungfische	Vermeiden innerartlicher Konkurrenz Schutz vor Verdriftung; Aufsuchen eines Ruheplatzes (Energieeinsparung!); Vermeiden innerartlicher Konkurrenz

## Lebensraum Fließgewässer

### Ökologische Bedeutung einer vielfältigen Gewässerstruktur – Beispiel Elritze



**X** Mit der Elritze stehen 92% der Kieslaicher auf der Roten Liste der gefährdeten Tiere Deutschlands. 27% der Kieslaicher sind sogar ausgestorben oder vom Aussterben bedroht. (BINOT, M. et al. 1998). Welchen Grund könnte dies haben?

Kieslaicher wie die Elritze oder die Forelle legen ihren Laich auf Kies bzw. in das Kieslückensystem der Gewässersohle ab, die Larven kriechen nach dem Schlüpfen in tiefere Sedimentschichten, um nicht verdriftet zu werden und bleiben dort so lange, bis sie ihren Dottersack aufgezehrt haben. Die Entwicklung der Tiere ist nur möglich, wenn zum einen kiesige Strukturen vorhanden sind und diese von sauerstoffreichem, sauberem Wasser umspült werden. Durch den technischen Ausbau von Gewässern gehen die Bruthabitate der Kieslaicher verloren und außerdem wird durch Gewässerverschmutzung Schlamm am Gewässergrund angereichert, so dass dieser nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird. Auch Flachwasser- und Tiefenwasserzonen werden durch Ausbaumaßnahmen zerstört.

#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Ökologische Bedeutung einer intakten Aue – Habitatwechsel bei Krautlaichern

In ► WANDERER ZWISCHEN ZWEI WELTEN, ABB. 2-7 ist der Lebenszyklus von Äsche und Brachsen vergleichend dargestellt. Anhand dieser Abbildung kann gezeigt werden, dass es vergleichbare Anpassungen im Lebenszyklus auch bei anderen Fischarten gibt. Dabei wird die ökologische Bedeutung einer naturnahen Aue deutlich. Anhand folgender Leitfragen kann das Gelernte wiederholt und vertieft werden:

**X** Beschreiben und vergleichen Sie den Entwicklungszyklus von Äsche und Brachse. Wo halten sich die Tiere in den verschiedenen Entwicklungsstadien auf? Welche unterschiedlichen Habitate benötigen sie im Laufe ihres Lebens?

**X** Warum kommen Kieslaicher wie Äschen nur im Oberlauf (Äschenregion), Krautlaicher wie Brachsen vorwiegend im Unterlauf (Brachsenregion) vor?

**X** Welche Lebensbedingungen haben im Laufe der Evolution zu der besonderen Anpassung des Habitatwechsels geführt? Welche Vor- und welche Nachteile hat diese Art der Anpassung?

**X** Durch welche menschlichen Einflüsse sind Äschen gefährdet, welches sind Gefährdungsfaktoren für die Brachsen?

Vorteil: Ein Habitatwechsel ist eine Spezialisierung auf einen sich dynamisch verändernden Lebensraum und in dieser Form eine Anpassung, um die besonders empfindlichen frühen Lebensstadien vor Strömung zu schützen.

Nachteil: Fische sind auf intakte Gewässerstrukturen in mehreren Habitaten angewiesen. Wird (durch menschlichen Einfluss) nur eines dieser Habitats gestört, sind die Fische in ihrer natürlichen Reproduktion gefährdet.

Äschen sind durch Sohlenverschlämmlung infolge organischer Belastung und Bodenerosion sowie Ausbau der Gewässersohle in allen Lebensstadien gefährdet (s.o.). Brachsen und andere Krautlaicher durch Vernichtung von Stillgewässern bzw. deren Abschneiden vom Hauptstrom durch Ausbau- und Hochwasserschutzmaßnahmen.

#### Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterial

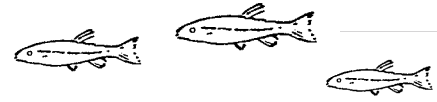
► M 1.5 STRUKTURVIELFALT EINES BACHES ERKUNDEN

#### Literatur

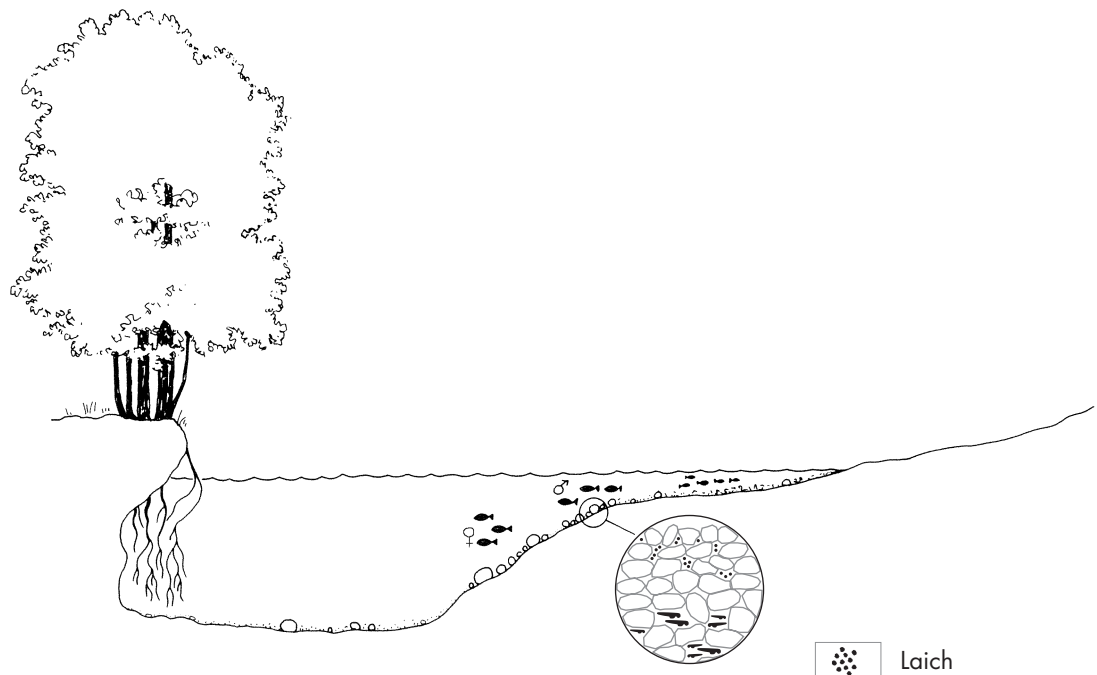
BLESS, R. (1992): Einsichten in die Ökologie der Elritze. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landschaftspflege und Naturschutz 35.  
BINOT, M.; BLESS, R.; BOYE, P.; GRUTTKE, H.; PRETSCHER H.(1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Hrsg. Bundesamt für Naturschutz. Landwirtschaftsverlag. Münster.



# Ökologische Bedeutung einer vielfältigen Gewässerstruktur - Beispiel Elritze







Sommer



Winter



-  Laich
-  Larven
-  Jungfische
-  Ausgewachsene Fische

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



## Stoffhaushalt im Ökosystem



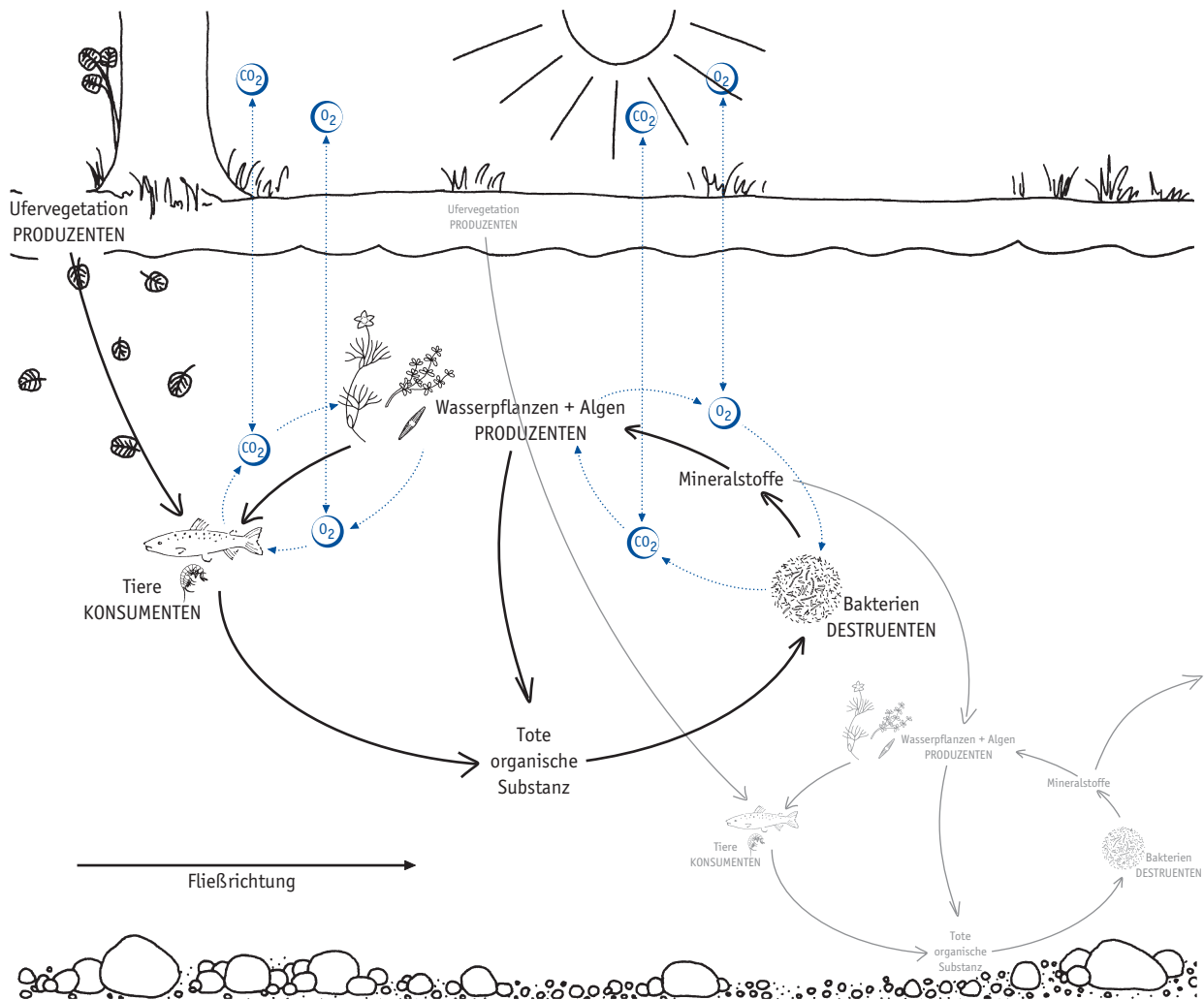
		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 64											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
3.1 Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen im Fließgewässer	▶ 68	-	●	●	-	-	●	-	-	-	-	-
3.2 Dynamik des Sauerstoffhaushaltes	▶ 70	-	-	●	-	-	●	●	-	-	-	-
3.3 Selbstreinigung von Fließgewässern	▶ 72	-	-	●	-	-	●	●	-	-	-	-
3.4 Die Messstation – Ein Bach im Jahreslauf	▶ 74	●	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-



## Stoffhaushalt im Ökosystem

Wesentliches Merkmal von Ökosystemen ist ein ständiger Stoff- und Energiefluss. ► **PRODUZENTEN** (grüne Pflanzen) wandeln bei der Photosynthese mithilfe von Sonnenlicht energiearme, anorganische Stoffe in energiereiche, hochmolekulare, organische Stoffe, ihre Biomasse, um. Diese dient wiederum als Nahrung für die ► **KONSUMENTEN** (Tiere), wobei es in einem Nahrungsnetz mehrere Konsumentenstufen (Primär-, Sekundär- und Tertiärkonsumenten) geben kann. Tote organische Substanz der Konsumenten und Produzenten (Ausscheidungsprodukte, Pflanzenteile, Tierleichen) wird von den ► **DESTRUENTEN** (vor allem Bakterien und Pilze) mehr oder

minder vollständig abgebaut, also wieder in anorganische Substanz überführt. In den meisten Ökosystemen entstehen so weitgehend in sich geschlossene Stoffkreisläufe – eine Art natürliches Recycling. Die Stoffe werden über das Nahrungsnetz am gleichen Ort zwischen Produzenten, Konsumenten und Destruenten weitergereicht und dabei ständig verändert. Sie kehren jedoch immer wieder in eine niedermolekulare Ausgangsform zurück. Seen sind Beispiele für geschlossene Ökosysteme. Sie sind auch ohne Nährstoffzufuhr von außen lebensfähig. Eine stoffliche Abhängigkeit von außen besteht nicht.



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Abb. 3-1 Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen in einem Fließgewässer

## Stoffhaushalt im Ökosystem



### Sonderfall Fließgewässer – Spirale statt Stoffkreislauf

Die Fließgewässer dagegen sind offene Ökosysteme: Aufgrund ihrer engen Land-Wasser-Vernetzung und der einseitig gerichteten Strömung ist der Stoffhaushalt stark von der umgebenden Landschaft – dem Einzugsgebiet – abhängig, wobei die Abhängigkeit im Längsverlauf kontinuierlich abnimmt.

Unter natürlichen Bedingungen wird der Mineralstoffgehalt durch die geologischen Verhältnisse des Einzugsgebietes geprägt. Das Nährstoffangebot ist von der Ufervegetation abhängig. Die Stoffe werden mit der Strömung flussabwärts transportiert und oft weit entfernt von ihrem Herkunftsort und geraume Zeit nach ihrer Entstehung umgesetzt. Statt eines Stoffkreislaufes muss man daher in Fließgewässern eher von einer stromabwärts führenden Stoffspirale sprechen, die mit dem Blatt- und Totholzeintrag in die Oberläufe beginnt. Die Nährstoffproduktion für die Konsumenten und Destruenten der Oberläufe findet also außerhalb des Gewässers statt (► ALLOCHTHONER Nährstoffeintrag). Das Pflanzenmaterial wird im Gewässer umgesetzt und liefert die Nahrungsgrundlage für die Organismen weiter unten liegender Gewässerabschnitte. Erst allmählich siedeln sich mit abnehmender Strömung im Gewässerverlauf auch Algen und Wasserpflanzen als gewässerinterne Produzenten an. Die ► AUTOCHTHONE Nährstoffproduktion nimmt kontinuierlich zu, bis sie im Unterlauf fast vollständig im Gewässer stattfindet. Insgesamt kommt es durch den einseitigen Transport zu einer Nährstoffanreicherung im Längsverlauf. Die stofflichen Veränderungen im Längsverlauf eines Fließgewässers sind in ► ABB. 2-11 dargestellt.

Der Stoffhaushalt im Fließgewässer ist ein komplexes Zusammenspiel physikalischer, biologischer und chemischer Vorgänge.

### Selbstreinigung in Fließgewässern

In das natürliche Recycling der Stoffe über die Nahrungskette können auch durch menschlichen Einfluss eingetragene „Verunreinigungen“ einbezogen werden. Die natürliche Selbstreinigung führt zu charakteristischen Veränderungen im Stoffhaushalt und in den Lebensgemeinschaften (► M 3.3).

Werden zusätzlich organische Stoffe (z.B. über Abwassereinleitungen) in ein Fließgewässer eingetragen, wirkt sich dies vor allem auf den Sauerstoffhaushalt aus. Der Sauerstoffgehalt sinkt zunächst ab, denn die komplexen organischen Verbindungen (Kohlenhydrate, Proteine und Fette) werden durch Oxidationsprozesse in niedermolekulare, anorganische Stoffe metabolisiert. Es entstehen neben Kohlendioxid und Wasser anorganische Nähr- und Mineralstoffe, vor allem Phosphat und Ammonium, das im weiteren zu Nitrat oxidiert wird. Diese Umsetzungsprozesse sind nur durch eine Massenvermehrung von Bakterien (Destruenten) möglich, die wiederum die Nahrungsgrundlage für viele Einzeller (Protozoen) sind.

Die entstandenen Pflanzennährstoffe Phosphat und Nitrat fördern im weiteren Verlauf das Algenwachstum. In einiger Entfernung von der Einleitungsstelle schließlich sind die eingeleiteten Stoffe weitgehend abgebaut und es bestehen annähernd wieder die gleichen stofflichen Verhältnisse wie vor der Einleitung. Voraussetzung ist, dass die eingeleiteten Stoffe biologisch abbaubar und nicht toxisch sind.

Wie lang eine Selbstreinigungsstrecke ist, hängt von der eingeleiteten Abwassermenge sowie entscheidend von den Gewässerstrukturen ab. In natürlich strukturierten, flachen Fließgewässern mit schneller Strömung geht die Selbstreinigung sehr viel schneller vonstatten als in technisch ausgebauten. So ist in begradigten Gewässern die Sauerstoffversorgung durch das ungünstige Verhältnis zwischen Wasseroberfläche und Wasserkörper sowie weniger Turbulenzen schlechter. Außerdem steht den Destruenten eine verringerte Aufwuchsfläche zur Verfügung und die Aufenthaltszeit des Wassers ist durch den beschleunigten Abfluss geringer. Durch Renaturierungsmaßnahmen kann die Selbstreinigungsfähigkeit und damit indirekt auch die Wasserqualität verbessert werden.

In Kläranlagen wird der Selbstreinigungsvorgang intensiviert, indem man die Lebensbedingungen für das Wachstum der Destruenten durch technische Maßnahmen (z.B. Belüftung) optimiert.

(► KAP. 8 ABWASSERREINIGUNG)



## Stoffhaushalt im Ökosystem

### Eutrophierung

Unter natürlichen Bedingungen liegen die Pflanzennährstoffe Stickstoff und Phosphor in Gewässern nur in sehr geringen Konzentrationen vor. In Binnengewässern ist Phosphor in der Regel der limitierende Faktor, im Meer dagegen vor allem der Stickstoff.

Werden nun Pflanzennährstoffe aus angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen oder durch Abwassereinleitungen in Fließgewässer eingetragen, kommt es zu einem erhöhten Wachstum von Algen und Wasserpflanzen. Auf den Stoffhaushalt wirkt sich das vermehrte Pflanzenwachstum zunächst vor allem hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes aus. Es kommt zu ausgeprägten Sauerstoffamplituden im Tagesverlauf, weil die Pflanzen in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung durch die Photosynthese tagsüber Sauerstoff produzieren. In stark nährstoffbelasteten Gewässern treten in den Nachmittagsstunden regelmäßig Sauerstoffübersättigungen auf, die mit mehr als 200% für Fische tödlich sein können (Gasblasenkrankheit). In der Nacht dagegen wird der Sauerstoff durch Respiration verbraucht, so dass es zu ökologisch kritischen Sauerstoffdefiziten kommt.

Mit zunehmender Eutrophierung wird der Sauerstoffhaushalt zusätzlich durch die aerobe Zersetzung abgestorbener Pflanzen belastet. In Seen kann dabei die Sauerstoffzehrung so stark werden, dass vor allem in tieferen Schichten die aeroben Mineralisierungsprozesse von anaeroben Fäulnisvorgängen abgelöst werden. Der See „kippt um“.

Grundsätzlich sind Fließgewässer weniger eutrophierungsgefährdet als Seen, weil die Nährstoffe aus dem fließenden Wasser kaum aufgenommen werden können. Wird ein Fluss jedoch aufgestaut, verbessern sich die Bedingungen für das Pflanzenwachstum und es können auch hier ökologisch kritische Sauerstoffamplituden auftreten (► ABB. 3-4).

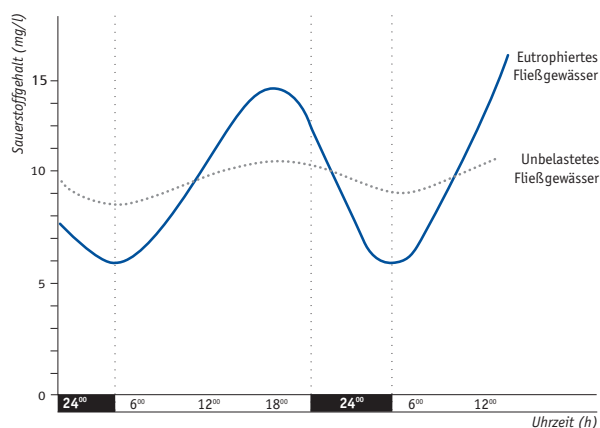


Abb. 3-2 Sauerstofftagesgänge Die Tagesganglinie des Sauerstoffs gibt Auskunft über die Nährstoffbelastung von Fließgewässern. Eine hohe Amplitude mit Sauerstoffübersättigung in den frühen Nachmittagsstunden und Sauerstoffdefiziten in der Nacht sind ein sicheres Zeichen für die Eutrophierung des Gewässers durch hohe Belastung mit Nährstoffen. In unbelasteten Fließgewässern sind die Tagesamplituden des Sauerstoffs niedrig und es lassen sich keine Übersättigungen feststellen.

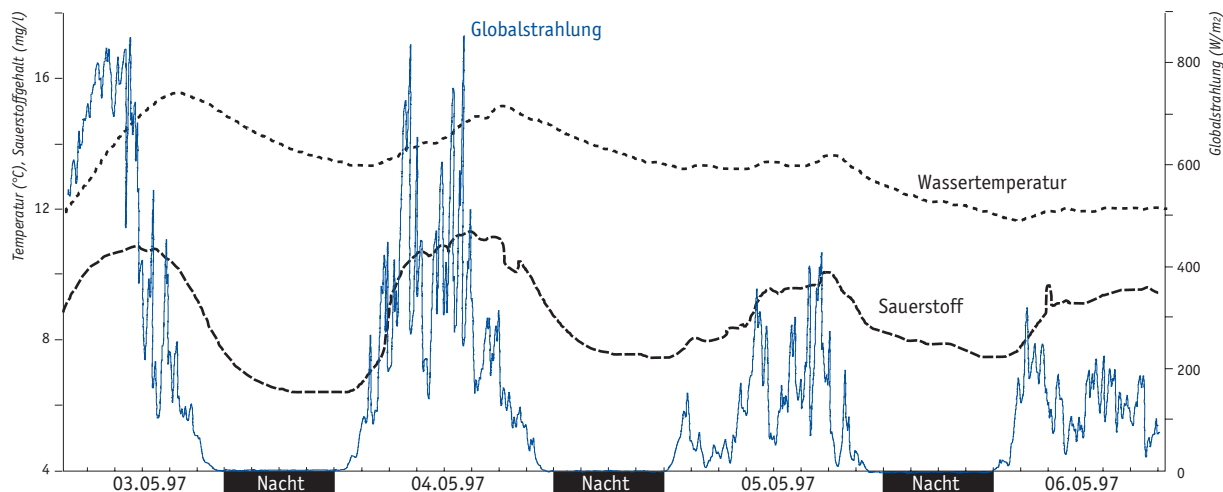


Abb. 3-3 Sauerstoffgehalt, Wassertemperatur und Globalstrahlung in der Oberen Lahn über 4 Tage.

# Stoffhaushalt im Ökosystem

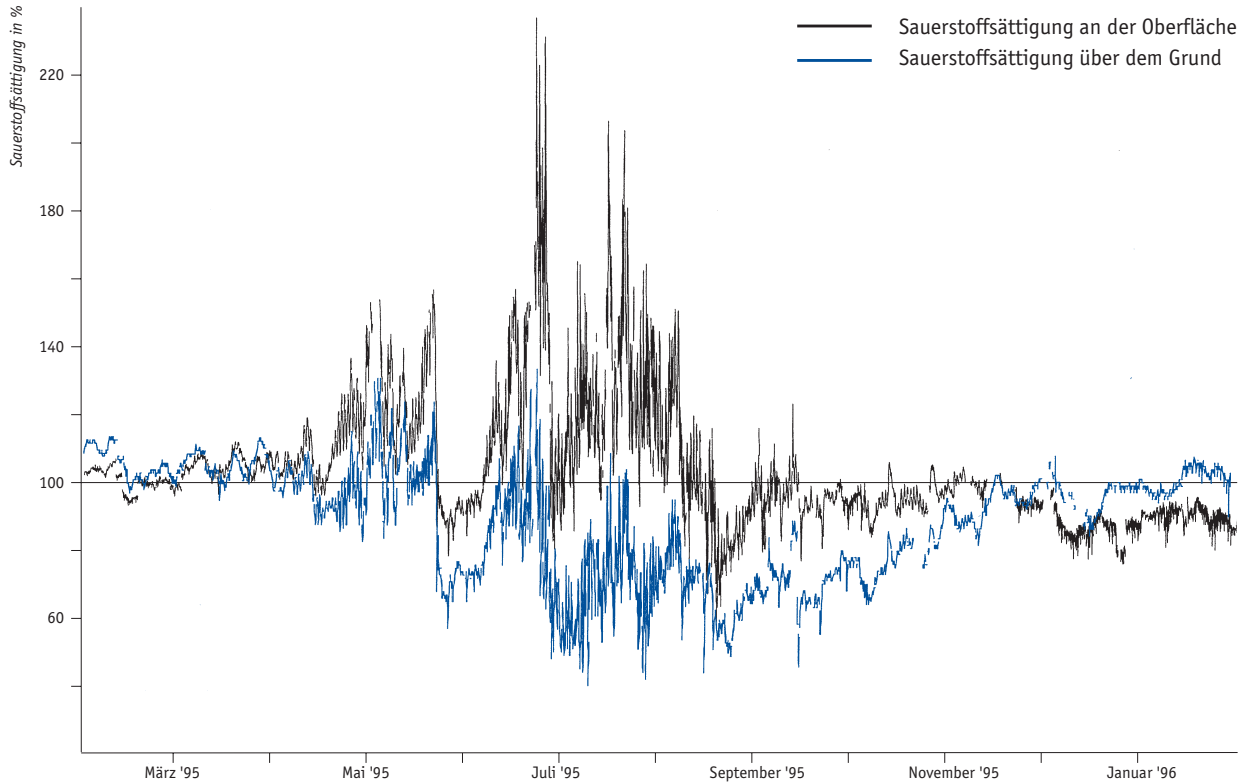


Abb. 3-4 Sauerstoffjahresgang der unteren Fulda (Staufufe Wahnhausen). Die Daten wurden im Rahmen des hessischen Gewässergütemessprogrammes erhoben. (HLFU 1997).



► M 3.1

## Stoffhaushalt im Ökosystem

### Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen im Fließgewässer

#### Zielgruppe

Sek. II

#### Fachbezug

Biologie

#### Ziele

- Besonderheiten der Stoffumsetzungen in einem Fließgewässer als offenem System erarbeiten: Aufgrund der einseitig gerichteten Strömung gibt es keinen echten Stoffkreislauf, sondern eher eine Stoffspirale
- Unterschiede bei Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen im Längsverlauf des Fließgewässers beschreiben

#### Vorbereitung

Da Stofffluss und Nahrungsbeziehungen im Fließgewässer aufgrund der einseitig gerichteten Strömung als Sonderfall anzusehen sind und sich zudem im Längsverlauf verändern, sollten die Prinzipien der Wechselbeziehungen im Ökosystem (C, N und P-Kreislauf sowie die funktionellen Beziehungen zwischen Produzenten, Konsumenten, Destruenten) anhand eines geschlossenen Ökosystems (z.B. See) bereits erarbeitet sein. Gute Darstellungen und Materialien findet man in den gängigen Oberstufen-Themenheften zur Ökologie.

#### Durchführung/Aufgabenstellungen

✗ Tragen Sie mit Pfeilen die Wechselbeziehungen im Ökosystem Fließgewässer ein (dargestellt ist die Situation im Mittellauf eines Flusses).

► ABB. 3-1 STOFFUMSETZUNGEN UND NAHRUNGSBEZIEHUNGEN IN EINEM FLIESSGEWÄSSER

✗ Vergleichen Sie Ort der Entstehung und des Verbrauchs der Nahrungsstoffe. Kann man von einem geschlossenen Stoffkreislauf sprechen?

► SACHINFORMATIONEN

Ort der Entstehung und des Verbrauchs von Nahrungsstoffen liegen in Fließgewässern räumlich und zeitlich oft weit voneinander entfernt. Außerdem findet ein Teil der Primärproduktion außerhalb des Gewässers statt. Statt von einem Stoffkreislauf muss man in einem Fließgewässer deshalb von einer Stoffspirale sprechen.

#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Vergleich mit Ober- und Unterlauf

Dazu ► ABBILDUNG 2-11 zur Hilfe nehmen und jeweils die Nahrungsbeziehungen auf einer eigenen Zeichnung darstellen, evtl. als Tafelbilder entwickeln.

✗ In Flussoberläufen und kleinen Bächen gibt es fast keine Produzenten (Algen und Wasserpflanzen), aber trotzdem mehrere Konsumentenstufen.

Das Nahrungsnetz scheint noch zu funktionieren.

Wovon ernähren sich die Tiere?

Produzenten sind in erster Linie die Uferbäume. Sie stellen in Form von Blättern und Totholz die Nahrung für die Primärkonsumenten (z.B. Bachflohkrebse und andere Zerkleinerer). Die Primärproduktion findet also außerhalb des Ökosystems statt (allochthon). Durch das schnell fließende Wasser findet im weiteren ein ständiger einseitiger Stofftransport statt. Ort der Entstehung und Ort der Aufnahme der Stoffe liegen noch weiter auseinander als im Mittellauf – die Spirale ist noch länger gezogen (Respiration > Produktion).

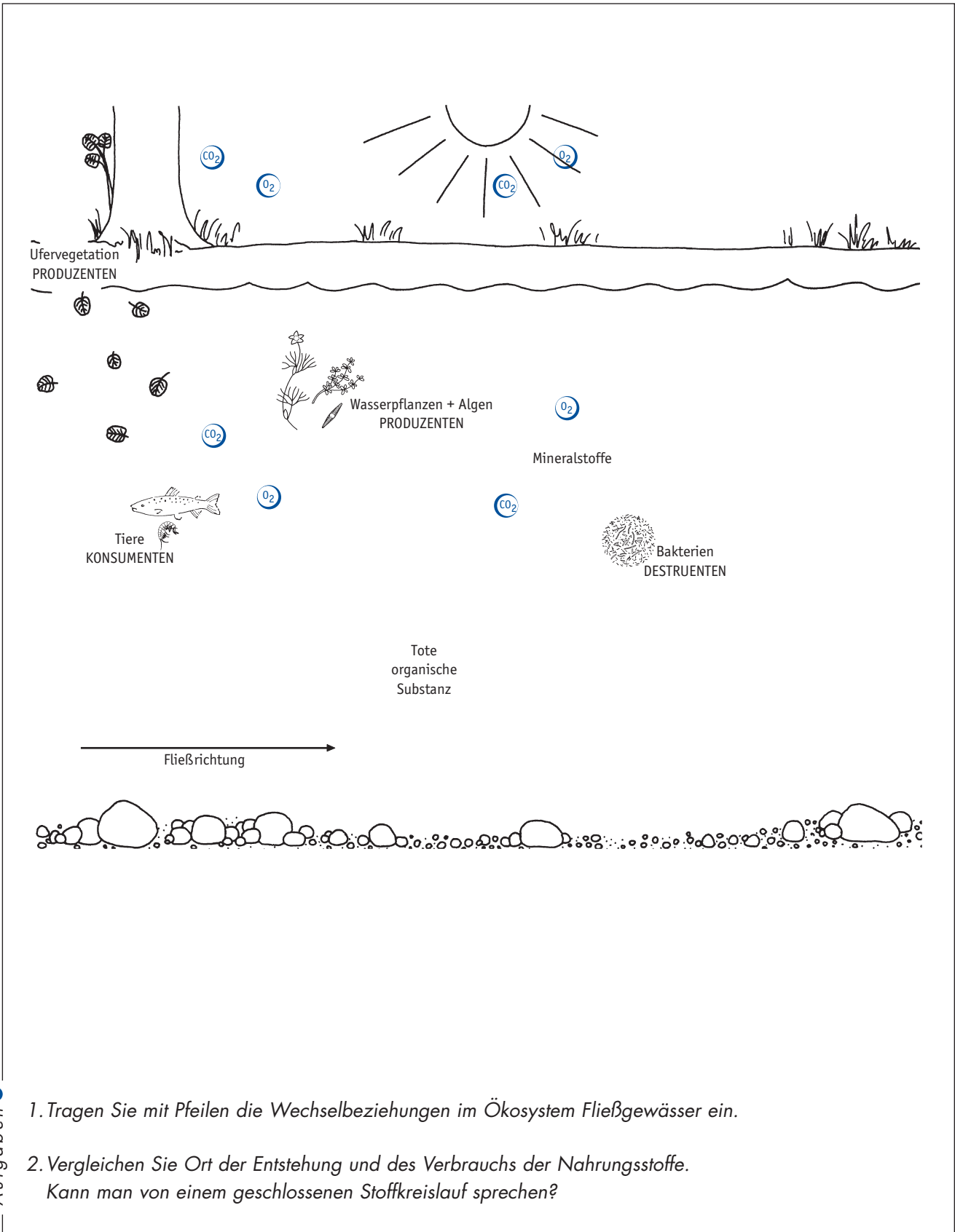
✗ Wie ist die Situation im Unterlauf?

Durch das reiche Angebot an Nährstoffen (aus oberen Gewässerabschnitten) und die geringe Fließgeschwindigkeit, nehmen die Produzenten im Gewässer (Phytoplankton; Wasserpflanzen) weiter zu. Die Stoffspirale schiebt sich fast zu einem Kreis zusammen und ähnelt den Verhältnissen im See. Es gibt vermehrt Zooplankton als Primärkonsumenten. Durch den ständigen Nährstoffnachschub von oberhalb gelegenen Gewässerabschnitten kommt es zu einer natürlichen Eutrophierung (Produktion > Respiration).

#### Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterialien

► M 2.5 ZONIERUNG EINES FLIESSGEWÄSSERS IM LÄNGSVERLAUF

# Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen im Fließgewässer



Aufgaben

1. Tragen Sie mit Pfeilen die Wechselbeziehungen im Ökosystem Fließgewässer ein.
2. Vergleichen Sie Ort der Entstehung und des Verbrauchs der Nahrungsstoffe.  
Kann man von einem geschlossenen Stoffkreislauf sprechen?



► M 3.2

## Stoffhaushalt im Ökosystem Dynamik des Sauerstoffhaushaltes

### Zielgruppe

Sek. II

### Fachbezug

Biologie

### Ziele

- erarbeiten, dass der Sauerstoffhaushalt eines Fließgewässers ein dynamischer, von mehreren Faktoren beeinflusster Vorgang ist
- am Beispiel Sauerstoff die Aussagekraft chemischer Messwerte einschätzen können

### Durchführung/Aufgabenstellungen

**X** *Wie ist der Sauerstofftagesgang:*

- a) *im Sommer: viel Sonneneinstrahlung, hohe Primärproduktion, große Tagesamplituden*
- b) *im Winter: wenig Sonneneinstrahlung, geringe Primärproduktion, kleine Tagesamplituden*
- c) *bei Belastung durch Abwasser?*

Abhängig von der Zusammensetzung des Abwassers; bei Belastung mit ungereinigtem, organischem Abwasser müsste der Sauerstoffgehalt ganz nach unten gehen; Zunahme der sauerstoffzehrenden Abbauprozesse, Unterdrückung der Photosynthese durch Wassertrübung.

Bei biologisch gereinigtem Abwasser, das noch Nährstoffe enthält, müsste die Amplitude größer werden, da das Pflanzenwachstum und damit die Primärproduktion noch gesteigert würde.

**X** *Welchen Aussagewert hat eine einmalige Messung des Sauerstoffgehaltes im Rahmen einer Gewässeruntersuchung? Wann und wie oft müsste gemessen werden, damit man aussagefähige Messwerte bekommt?*

Ein Messwert ist kein Messwert. Um aussagekräftige Ergebnisse zu bekommen, müsste zu den Zeiten gemessen werden, da Extremwerte zu erwarten sind (frühe Morgenstunden; nachmittags). Außerdem sollte eine Messkampagne zur Zeit der Frühjahrsalgenblüte durchgeführt werden. Auch Begleitumstände (Witterung/Sonneneinstrahlung) sind wichtig: Bei bedecktem Himmel sind keine großen Übersättigungen zu erwarten.

Als zusätzlicher Impuls sollte ► ABB. 3-4 SAUERSTOFFJAHRESGANG DER UNTEREN FULDA hinzugezogen werden.

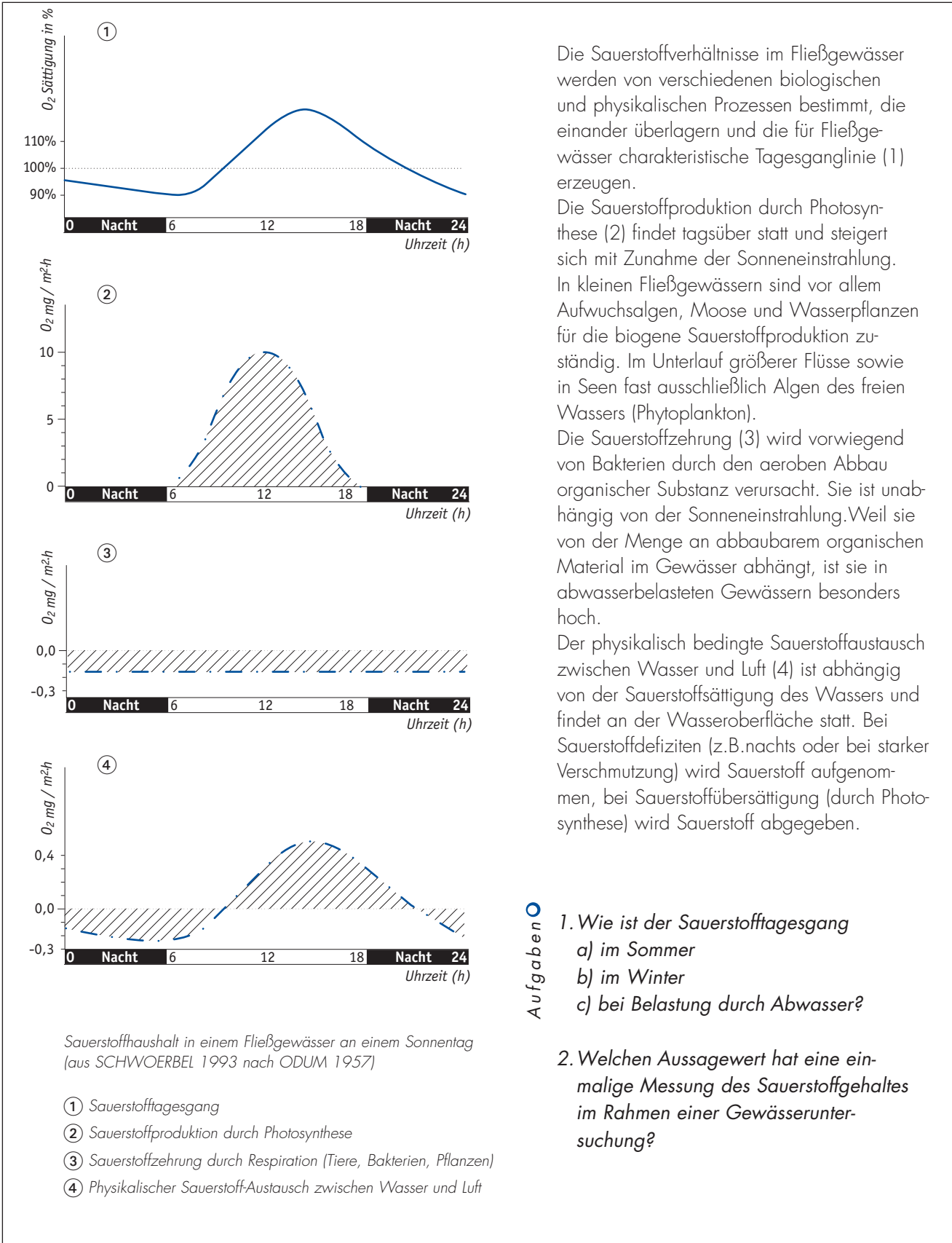
### Vertiefungsmöglichkeiten

#### ● Freilandarbeit: Sauerstofftagesgänge

Am Schulbach mit Messgeräten bei einer Projektwoche (statt Nachtwanderung!) Sauerstofftagesgänge erheben. Dabei mindestens im 3-Stunden-Abstand messen, Begleitparameter (Temperatur, pH, Leitfähigkeit, Globalstrahlung) nicht vergessen. Günstigster Zeitpunkt ist die Zeit der Frühjahrsalgenblüte (Mai-Juni), in der mit zunehmender Sonneneinstrahlung vor allem in langsam fließenden, nährstoffbelasteten Gewässer ohne Ufergehölze erhöhte Eutrophierungsgefahr besteht.



# Dynamik des Sauerstoffhaushaltes



Die Sauerstoffverhältnisse im Fließgewässer werden von verschiedenen biologischen und physikalischen Prozessen bestimmt, die einander überlagern und die für Fließgewässer charakteristische Tagesganglinie (1) erzeugen.

Die Sauerstoffproduktion durch Photosynthese (2) findet tagsüber statt und steigert sich mit Zunahme der Sonneneinstrahlung. In kleinen Fließgewässern sind vor allem Aufwuchsalgen, Moose und Wasserpflanzen für die biogene Sauerstoffproduktion zuständig. Im Unterlauf größerer Flüsse sowie in Seen fast ausschließlich Algen des freien Wassers (Phytoplankton).

Die Sauerstoffzehrung (3) wird vorwiegend von Bakterien durch den aeroben Abbau organischer Substanz verursacht. Sie ist unabhängig von der Sonneneinstrahlung. Weil sie von der Menge an abbaubarem organischen Material im Gewässer abhängt, ist sie in abwasserbelasteten Gewässern besonders hoch.

Der physikalisch bedingte Sauerstoffaustausch zwischen Wasser und Luft (4) ist abhängig von der Sauerstoffsättigung des Wassers und findet an der Wasseroberfläche statt. Bei Sauerstoffdefiziten (z.B. nachts oder bei starker Verschmutzung) wird Sauerstoff aufgenommen, bei Sauerstoffübersättigung (durch Photosynthese) wird Sauerstoff abgegeben.

- Aufgaben**
1. Wie ist der Sauerstofftagesgang
    - a) im Sommer
    - b) im Winter
    - c) bei Belastung durch Abwasser?
  2. Welchen Aussagewert hat eine einmalige Messung des Sauerstoffgehaltes im Rahmen einer Gewässeruntersuchung?



► M 3.3

## Stoffhaushalt im Ökosystem

### Selbstreinigung von Fließgewässern

#### Zielgruppe

Sek. II

#### Fachbezug

Biologie

#### Ziele

- Vorgang der natürlichen Selbstreinigung erarbeiten
- Auswirkungen unterschiedlicher Abwasserreinigungsmaßnahmen auf den Stoffhaushalt im Fließgewässer diskutieren

#### Aufgabenvorschläge

✗ Beschreiben und erklären Sie die stofflichen und biologischen Veränderungen nach der Abwassereinleitung.

► SACHINFORMATIONEN

✗ Welche Stoffe sind in dem Abwasser enthalten?

Es handelt sich um völlig ungereinigtes Abwasser, das mit stark sauerstoffzehrenden, biologisch abbaubaren, organischen Stoffen belastet ist (Haushaltsabwasser).

#### Vertiefungsmöglichkeiten

✗ Wovon hängt die Länge der Selbstreinigungsstrecke ab?

► SACHINFORMATIONEN und ► M 5.4 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DES GEWÄSSERAUSBAUS

✗ Wie würden die Kurven verlaufen, wenn das Abwasser in einer einfachen mechanisch-biologischen Kläranlage ohne weitergehende Nährstoffelimination behandelt würde?

► ABB. 3-5, nebenstehend

Der erste, sauerstoffzehrende Teil des Selbstreinigungsvorgangs ist in die Kläranlage verlagert worden, die organischen Inhaltsstoffe des Abwassers sind weitgehend mineralisiert. Deshalb sind die stofflichen Veränderungen im Fließgewässer nicht so gravierend. Es macht sich vor allem der erhöhte Nährstoffgehalt (Ammonium und Phosphat) bemerkbar. Der Sauerstoffgehalt nimmt geringfügig durch die Oxidation des Ammoniums zu Nitrat ab (Nitrifikation), um dann etwas anzusteigen, weil durch das erhöhte Nährstoffangebot das Algenwachstum und damit die biogene O<sub>2</sub>-Produktion durch Photosynthese gesteigert wird. (Die Tagesschwankungen sind in der Kurve nicht berücksichtigt.)

Die Menge der Einzeller verändert sich nicht, sie bleiben im Nachklärbecken; erhöht ist die Menge der Bakterien, doch sind dies weniger Destruenten, sondern vor allem Fäkalbakterien, die in der Kläranlage ohne besondere Desinfektionsmaßnahmen nicht vollständig entfernt werden.

✗ Wie würden die Kurven verlaufen nach der Einleitung von Abwasser, das in einer Kläranlage mit vollständiger Nährstoffelimination behandelt wurde?

Es dürften keine stofflichen Veränderungen im Fließgewässer auftreten, lediglich der Bakteriengehalt dürfte ansteigen. (Fäkalbakterien, s.o.)

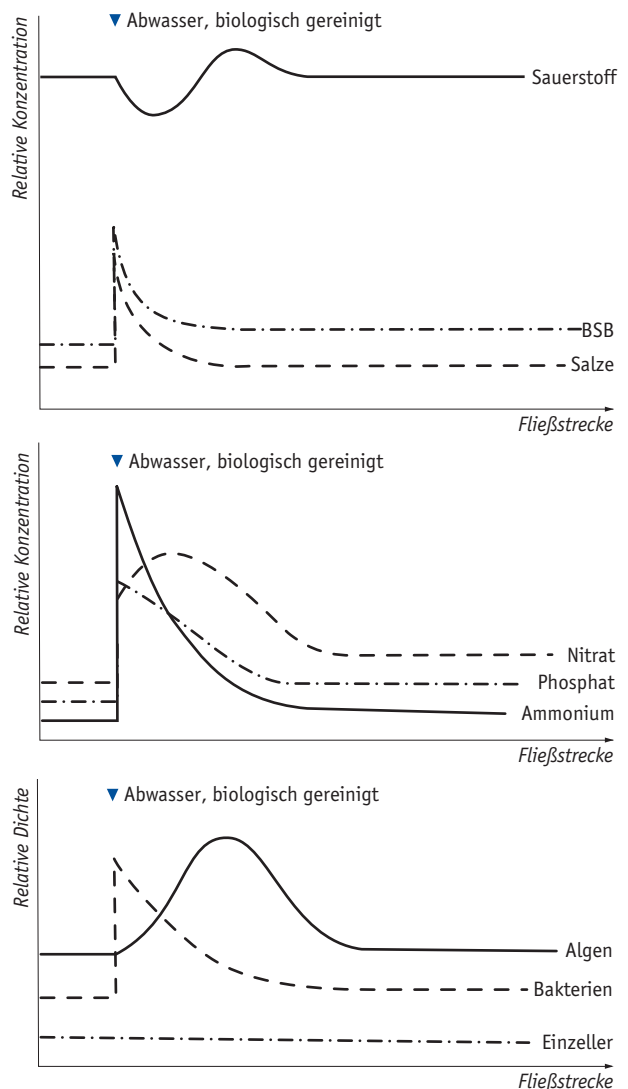


Abb. 3-5 Situation eines Gewässers nach Einleitung von Abwasser aus einer mechanisch-biologischen Kläranlage

#### Ergänzungsmaterial

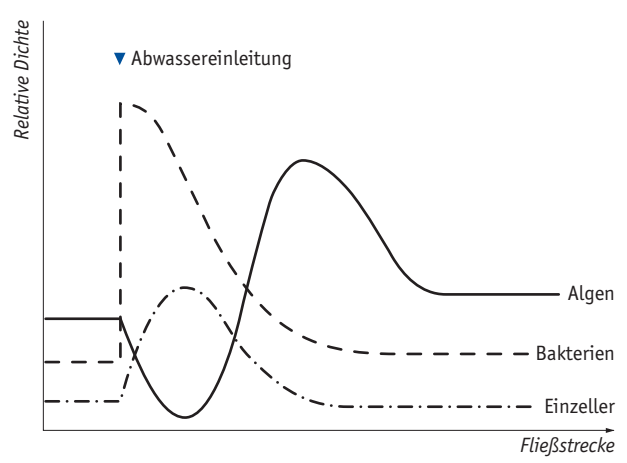
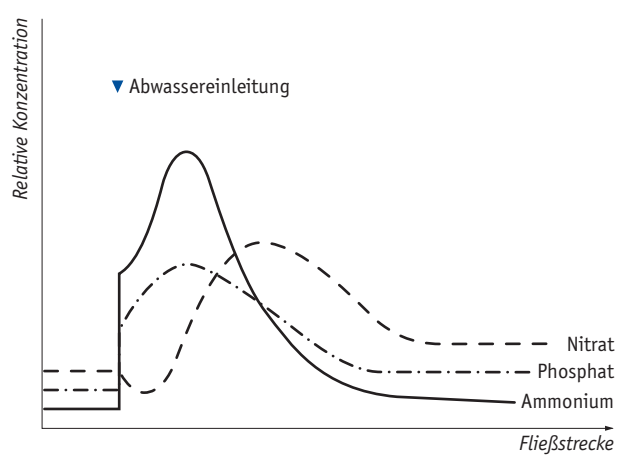
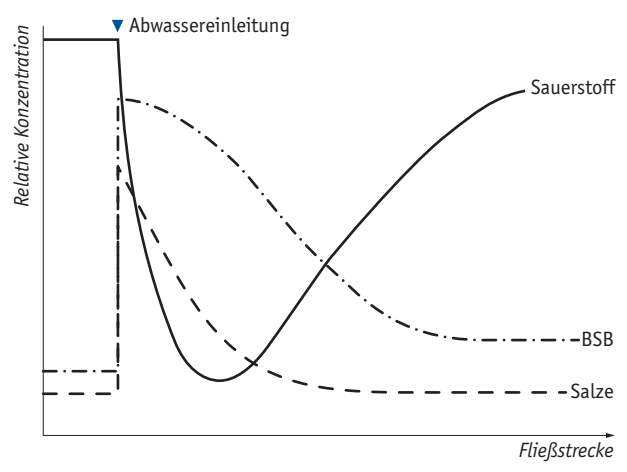
► M 5.4 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DES GEWÄSSERAUSBAUS

Literatur

MAUCH, E. (1998): Die Selbstreinigung der Gewässer. Das Phänomen und seine Bedeutung für die Wassergütwirtschaft. Korrespondenz Abwasser (45), 8: 1439-1453



# Selbstreinigung von Fließgewässern



**Aufgaben**

1. Beschreiben und erklären Sie die stofflichen und biologischen Veränderungen nach der Abwassereinleitung.
2. Welche Stoffe sind in dem Abwasser enthalten?

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



► M 3.4

## Stoffhaushalt im Ökosystem

### Ein Bach im Jahreslauf

#### Zielgruppe

Ab Klasse 7

#### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

#### Ziele

- genaue Beobachtung eines Ökosystems im Jahreszeitenwechsel
- Beschreiben und Dokumentieren von Beobachtungen und Messwerten über einen längeren Zeitraum; Heranführen an wissenschaftliches Arbeiten
- Blick für Einzelheiten und Veränderungen schärfen
- persönlichen Bezug zum „Schulbach“ herstellen

#### Material

- Klemmbrett mit Protokollbogen; (Blei-)Stift
- weiteres Material (Messgeräte, Hilfsmittel) abhängig von Aufgabenstellung und Einrichtung der Messstation

#### Allgemeine Hinweise

Die längere, jahreszeitenübergreifende Beobachtung eines Baches ist eine wichtige und sehr bereichernde unterrichtsbegleitende Aufgabe während einer längeren Einheit „Gewässerökologie“. Die Einrichtung der Messstation und die Planung des Messprogrammes ist abhängig von Altersgruppe, Zeitrahmen, Unterrichtsform und örtlichen Gegebenheiten und kann sehr unterschiedlich gestaltet werden. Besonders geeignet ist sie im Rahmen einer freiwilligen Arbeitsgemeinschaft, im Wahlpflichtkurs, im Projektunterricht und in der Oberstufe, sie kann jedoch auch begleitend zum Fachunterricht durchgeführt werden.

#### Vorbereitung

##### ● Einrichtung der Messstation

Zunächst muss eine Messstation eingerichtet werden. Wichtig ist es, sich auf eine verbindliche, gut zugängliche Probestelle in der Nähe der Schule zu einigen. Diese wird deutlich gekennzeichnet, beispielsweise durch einen fest installierten „Pegel“ (ein tief in die Gewässersohle gerammter Stock, der am besten an einem Baum, Steg oder Brückenpfeiler befestigt ist). Dort wird der Wasserstand direkt abgelesen oder mithilfe eines Zollstocks festgestellt.

Die Messstation kann auch zu einer richtigen Forschungsstation, z.B. in einem ausrangierten Bauwagen ausgebaut werden und mit entsprechenden Online-Messgeräten ausgerüstet werden. Eine ausführliche Anleitung zur Ausstattung und Unterhaltung einer Forschungsstation sowie eine große Anzahl an Arbeitsvorschlägen aus jahrelanger praktischer Erfahrung findet man bei FEY (1996).

Literatur

FEY, M.J. (1996): *Biologie am Bach. Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz*. Quelle & Meyer, Wiesbaden.

Anregungen kann auch der Besuch einer Messstation des Hessischen Gewässergütemessprogramms geben. Standort der Messstationen und Hinweise zum Gewässergütemessprogramm unter [www.hlug.de](http://www.hlug.de).

##### ● Messprogramm und Arbeitsplan festlegen

Das Messprogramm sollte gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern geplant werden. Dabei sind folgende Fragen zu klären:

##### **Was wird gemessen und beobachtet?**

Das nebenstehende Protokoll ist nur ein Vorschlag; die Auswahl der Parameter richtet sich nach Altersstufe, Zielsetzungen und vorhandenen Messgeräten. In unteren Klassen sollte hauptsächlich beobachtet werden, in höheren Klassen wird – natürlich abhängig von den technischen Möglichkeiten – zusätzlich (!) gemessen.

##### **Wann wird gemessen?**

Die Messungen sollten einmal wöchentlich, mindestens jedoch einmal im Monat durchgeführt werden. Aussagekräftige Sauerstoffwerte sind am besten bei höchstem Sonnenstand zu messen.

##### **Wer ist zuständig?**

Empfehlenswert ist ein Rotationsverfahren, evtl. in Zweiergruppen.

##### **Welche Geräte werden gebraucht, wo werden sie gelagert?**

Verantwortlichkeiten in einem Arbeitsplan festhalten.

#### Durchführung

Nach entsprechender Einweisung führen die Schülerinnen und Schüler die Beobachtungen und Messungen eigenverantwortlich durch. Die Ergebnisse sollten in einem Protokollbuch/Protokollmappe zentral gesammelt werden.

#### Auswertung/Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Einbindung in den Fachunterricht Biologie

Zu Beginn jeder Unterrichtsstunde berichtet die jeweils zuständige Gruppe über ihre Beobachtungen und Messergebnisse.

##### ● Messergebnisse graphisch darstellen

Über (Computer-)Graphiken sollten die Messergebnisse über einen längeren Zeitraum veranschaulicht und zusammengefasst werden.

##### ● Datenaustausch und Vergleich der Ergebnisse

Ergebnisse mit denen des Hessischen Gewässergütemessprogrammes (Biologische Gewässergütekarte) oder anderen Untersuchungen vergleichen, dabei auf räumliche und zeitliche Veränderungen achten. Ein computergestützter Austausch von Gewässerdaten mit anderen Schulen ist über ► HESSNET möglich.

#### Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterial

► KAP. 11 ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG EINES BACHES

# Ein Bach im Jahreslauf – Protokollbogen



Aufgabe O

Legt an eurem Bach eine feste Mess- und Beobachtungsstation an, die einmal pro Woche untersucht wird. Tragt die Mess- und Beobachtungsergebnisse in die Tabelle ein.

Name der Messstation: \_\_\_\_\_

Untersucht von: \_\_\_\_\_

Datum und Uhrzeit: \_\_\_\_\_



**Witterung** \_\_\_\_\_

**Wasserstand** \_\_\_\_\_  
an Pegel/Zollstock ablesen



**Fließgeschwindigkeit, Fließverhalten** \_\_\_\_\_  
Messen oder mit Worten beschreiben



**Sichtbare Wasserbeschaffenheit** \_\_\_\_\_  
Farbe, Geruch, Besonderheiten

**Temperatur** \_\_\_\_\_



**Sauerstoffgehalt** \_\_\_\_\_

**Leitfähigkeit** \_\_\_\_\_

**Beobachtete Tiere** \_\_\_\_\_



**Veränderungen an den Pflanzen** \_\_\_\_\_

**Sonstiges** \_\_\_\_\_  
Beobachtungen/Auffälligkeiten



## Mensch und Gewässer – Einführung



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 78											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
4.1 Was macht der Mensch mit Bach und Fluss?	▶ 82	●	-	-	-	-	●	-	●	●	-	-
4.2 Ein Blick in die Zeitung	▶ 84	-	●	●	●	-	-	-	●	-	●	-
4.3 Was geht der Bach uns an? – Eine Umfrage	▶ 86	-	●	●	●	●	-	●	-	●	-	-



## Mensch und Gewässer – Einführung

Menschen und Flüsse haben eine gemeinsame Geschichte und eine intensive Wechselbeziehung. Seit Jahrhunderten versucht der Mensch Bäche und Flüsse für seine Zwecke zu nutzen und die häufig genug zerstörerischen Fluten in kontrollierbare Bahnen zu lenken. Dabei wurden Fließgewässer nicht nur ausschließlich unter dem Aspekt ihrer Nutzbarkeit und Bezwingbarkeit wahrgenommen, sondern es entwickelte sich ein vielschichtiges – kulturhistorischen Wandlungen unterliegendes – emotionales Verhältnis. Flüsse und Bäche waren für den Menschen schon immer von besonderer Faszination als Sinnbild für Leben, Freiheit, Fruchtbarkeit, aber auch für Zerstörung und Vergänglichkeit.

Im Laufe dieser wechselvollen und durchaus zwiespältigen gemeinsamen Geschichte hat der Mensch das Gesicht der Bäche und Flüsse nachhaltig verändert. Zu dramatischen, ökologisch bedeutsamen Veränderungen kam es jedoch erst mit zunehmender Technisierung und Industrialisierung seit der Mitte des letzten Jahrhunderts (► KAP. 5 GEWÄSSERAUSBAU ► KAP. 6 GEWÄSSERBELASTUNG). Heute sind alle Kompartimente des Ökosystems Fließgewässer von den vielfältigen Einflüssen des Menschen direkt und indirekt betroffen. Eine zentrale Stellung nehmen in dem komplexen Wechselspiel die Lebensgemeinschaften der Bäche und Flüsse ein. Der Rückgang von Tier- und Pflanzenarten, aber auch die Bedrohung der Grundwasserressourcen und das vermehrte Auftreten von Hochwasser sind Folgen menschlicher Eingriffe, die zeigen, dass Fließgewässer nicht unbegrenzt nutzbar und belastbar sind.

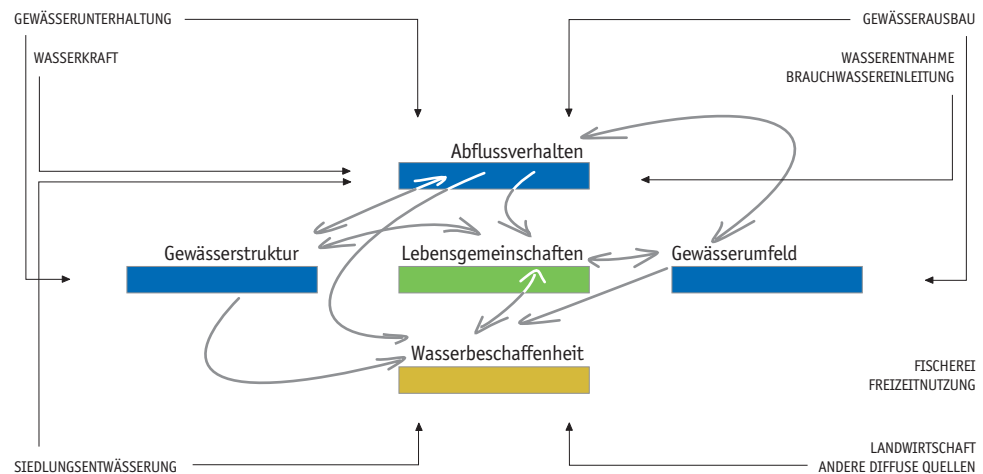


Abb. 4-1 Ökosystem Fließgewässer und Einflüsse des Menschen (aus: BORCHARDT 1998)

## Mensch und Gewässer – Einführung



### Paradigmenwechsel im Gewässerschutz: Vom Vorfluter zur Lebensader

Der Schutz und die Sicherung naturnaher Fließgewässer als Lebensräume für Pflanzen und Tiere wurde lange Zeit nur von Seiten des Naturschutzes eingefordert. Dem gegenüber stand die rein nutzungsbezogene Sichtweise der Wasserwirtschaft. Sie sah Bäche und Flüsse vor allem als "Vorfluter", also als Entwässerungsrinne der Kulturlandschaft, die wiederum vor dem (Hoch-) Wasser geschützt werden musste. Ein möglichst gleichmäßiger, vorhersagbarer Abfluss des Wassers musste sichergestellt werden und dieser lässt sich am besten bei einem Trapezprofil berechnen. Also wurden die Bäche und Flüsse entsprechend ausgebaut und begradigt. Die Gewässerunterhaltung sorgte für einen ordnungsgemäßen Erhaltungszustand. Erfolgreich war der technische Gewässerschutz hinsichtlich der Verbesserung der Wasserqualität der Flüsse, Bäche und Seen. Die enorme Wasserverschmutzung, die ihren Höhepunkt um 1970 erreicht hatte, konnte in nur 30 Jahren durch den Bau von Kläranlagen und Optimierung der Abwasserreinigungstechnik deutlich reduziert werden. Die Gewässer sind wieder sauberer geworden. Gleichzeitig wuchs das Bewusstsein – auch in der Wasserwirtschaft – dass sauberes Wasser allein nicht genügt, sondern dass die wichtige Voraussetzung für einen funktionierenden Wasserhaushalt ökologisch intakte, naturnahe Gewässer sind. Der Schutz der Gewässer als Lebensraum wurde 1996 erstmals im Wasserhaushaltsgesetz festgeschrieben. In der Neufassung 2002 wurde das Prinzip "Nachhaltigkeit" aufgenommen. Damit hat ein Paradigmenwechsel in der Gewässerschutzpolitik stattgefunden. Der technische, rein nutzungsbezogene Gewässerschutz ist abgelöst worden von einer ökologisch orientierten Betrachtungsweise.

### Gewässerschutz europaweit Die EU-Wasserrahmenrichtlinie

Der ganzheitliche oder integrierte Gewässerschutz bestimmt seit Verabschiedung der EU-Wasserrahmenrichtlinie im Jahre 2000 europaweit die Wasserpolitik. Ziel ist die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Oberflächengewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers. Die Richtlinie fordert einen ökologisch verträglichen Umgang mit Gewässern bei allen Nutzungen. Durch geeignete Schutz- und Sanierungsmaßnahmen sollen Gewässer wieder zu ökologisch intakten Lebensräumen werden, die Wasserressourcen sollen nachhaltig geschützt und jegliche Verschlechterung verhindert werden. Dabei soll das gesamte Flusseinzugsgebiet berücksichtigt werden, unabhängig von Länder- und Verwaltungsgrenzen (► KAP. 10.1 GEWÄSSERGÜTEBEWERTUNG).

Dies bedeutet viel Arbeit. Denn die Gewässerbelastungen sind vielfältig und können sehr unterschiedlich sein. Während technisch ausgebauten Gewässer durch Renaturierungen verbessert werden müssen, muss in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten der Eintrag von Schadstoffen und Düngemitteln in Gewässer und Grundwasser gestoppt werden. In Ballungsgebieten sind Probleme wie Flächenversiegelung, die Sanierung überalterter Kanalnetze sowie die nachhaltige Sicherung der Wasserversorgung zu lösen. Grundsätzlich müssen problemorientierte Schutzstrategien entwickelt werden, die regional sehr unterschiedlich sein können aber gleichzeitig eine verwaltungs- und länderübergreifende Zusammenarbeit erfordern.

#### Wasserhaushaltsgesetz (2002)

§ 1a „Die Gewässer sind als Bestandteil des Naturhaushaltes und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern. Sie sind so zu bewirtschaften, dass sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen einzelner dienen, vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionen und der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt unterbleiben und damit insgesamt eine nachhaltige Entwicklung gewährleistet wird“

Abb. 4-2 Wasserhaushaltsgesetz

#### Literatur

BORCHARDT, D. (1998): Zielsetzungen einer ökologischen Wasserwirtschaft. In: Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. 119-139. Oldenbourg Verlag. München, Wien.

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (1997): Lebensadern unserer Landschaft. Broschüre. Wiesbaden.





# Mensch und Gewässer - Einführung

► M 4.1



Abb. 4-3 Kassel und Umgebung. Ausschnitt aus topographischer Karte L 4722. Maßstab: 1:50.000 (HESSISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT 1996)

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Mensch und Gewässer - Einführung



Abb. 4-4 Landgrafschaft Hessen-Kassel. Anfang 18. Jhd. Ausschnitt aus der Schleensteinschen Karte. Maßstab ca. 1:50.000 (HRSG. HESSISCHES LANDESVERMESSUNGSAMT)

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



► M 4.1

## Mensch und Gewässer – Einführung

### Was macht der Mensch mit Bach und Fluss?

#### Zielgruppe

Ab Klasse 5

#### Fachbezug

Biologie, Sozialkunde, Geschichte

#### Ziele

- Einführung und Entfaltung des (großen) Themas Mensch und Gewässer
- Einflüsse/Belastungen des Menschen auf Fließgewässer benennen
- Arbeitsmöglichkeiten und Themenschwerpunkte zur Unterrichtseinheit Mensch und Gewässer festlegen und eingrenzen

#### Durchführung

Eine Möglichkeit, mit jüngeren Schülerinnen und Schülern in eine Unterrichtseinheit Mensch und Gewässer einzuführen, ist die Frage:

##### *X* Wozu benutzt der Mensch Bach und Fluss?

Dazu können zunächst ganz frei Assoziationen und Ideen gesammelt werden. Das Arbeitsblatt ist eher eine Hilfe, wenn das Unterrichtsgespräch in die falsche Richtung geht oder wichtige anthropogene Einflussfaktoren außer Acht gelassen werden. Als wichtigste Einflussfaktoren sind durch die Abbildungen dargestellt:

- Freizeitnutzung (Paddeln, Angeln, Erholen)
- Landwirtschaft (Gewässerverschmutzung durch Nährstoff-, Pestizid- und Schlammeintrag)
- Wasserentnahme für Vieh
- Abwasserbelastung
- Andere Einleitungen (Regenwasser, Drainagen, Kanalisationseinleitungen, ...)
- Trinkwassergewinnung
- Gewässerausbau/Begradigung
- Wasserkraftnutzung

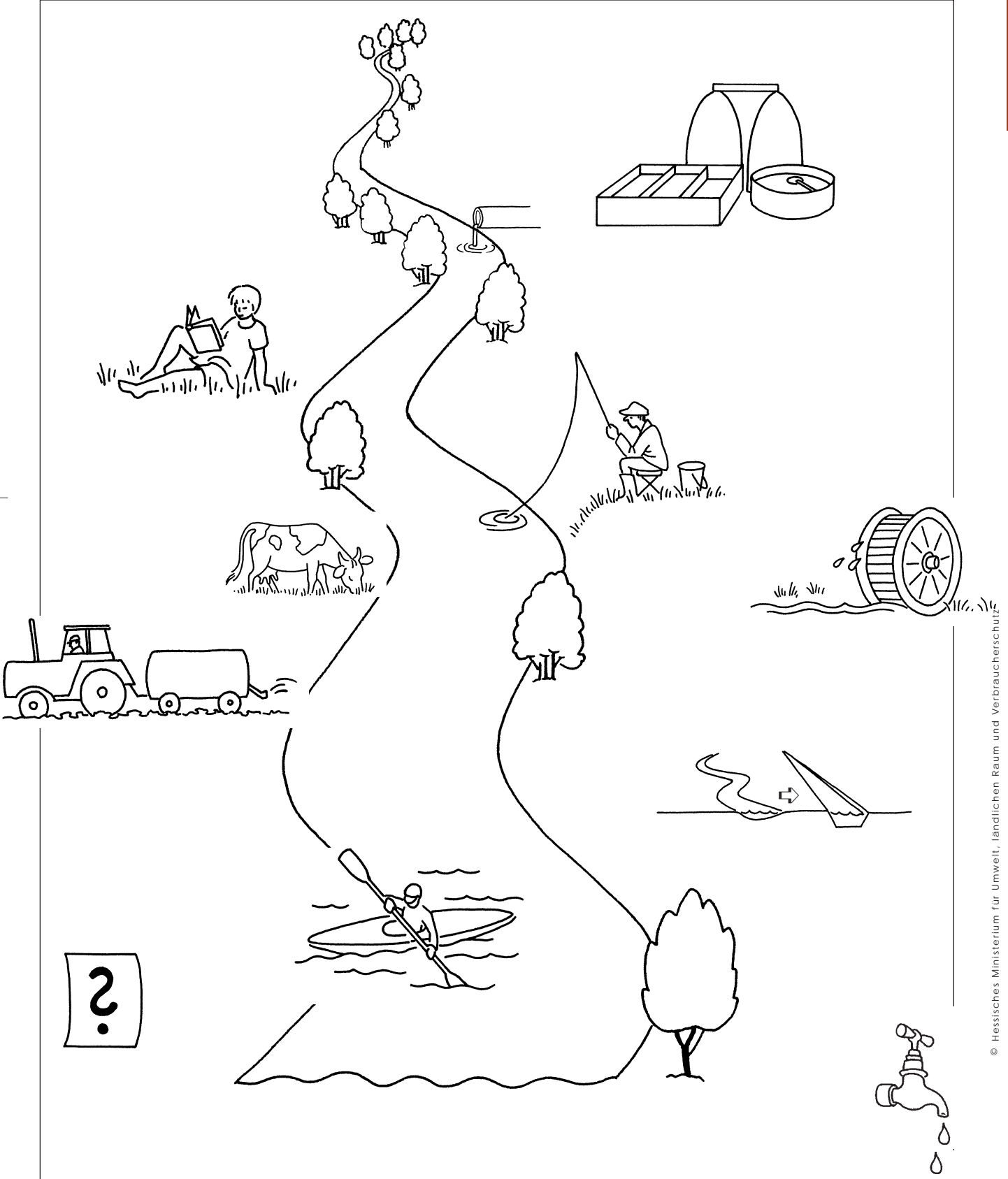
##### ● Variante

Die verschiedenen Einflüsse des Menschen können auch anhand der Bachgeschichte (► M 1.1) erarbeitet werden.

#### Ergänzungsmaterial

- M 1.1 EINE BACHGESCHICHTE
- FOLIE 4 GEWÄSSERBELASTUNGEN/GEWÄSSERAUSBAU

# Was macht der Mensch mit Bach und Fluss?



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



► M 4.2

## Mensch und Gewässer – Einführung

### Ein Blick in die Zeitung

#### Zielgruppe

Ab Klasse 8

#### Fachbezug

Biologie, Sozialkunde, Geschichte, Deutsch, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- Einführung und Entfaltung des (großen) Themas Mensch und Gewässer
- (Regionale!) Bedeutung des Themas Gewässer in der Öffentlichkeit erkennen (Problembewusstsein, Interessenskonflikte, politische Dimension)
- Arbeitsmöglichkeiten und Themenschwerpunkte zur Unterrichtseinheit festlegen und eingrenzen

#### Allgemeine Hinweise

Eine fächerverbindende Unterrichtseinheit zum Thema Mensch und Gewässer kann schon Monate vor ihrem eigentlichen Beginn mit der Aufforderung angekündigt werden, Zeitungsartikel zum Thema zu sammeln. Die Sammlungen werden dann zu Beginn der Unterrichtseinheit mitgebracht und gemeinsam ausgewertet.

Viele Zeitungsredaktionen bzw. Verlagshäuser bieten mittlerweile an, über EDV gezielt themenbezogene Recherchen durchzuführen. Diese Möglichkeit steht auch Schülerinnen und Schülern offen. Auf diese Weise erhält man einen guten Überblick, wie das Thema Gewässer in der Öffentlichkeit diskutiert und vor allem, wie und worüber informiert wird. Wie, wann und zu welchem Preis die Recherche möglich ist, sollte vorher telefonisch mit der Zeitungsredaktion geklärt werden. Schlagwörter für die Zeitungsrecherche vorher im Plenum sammeln.

#### Aufgabenstellungen

- ✗ *Sammelt über mehrere Monate Zeitungsartikel, in denen im weitesten Sinne das Thema Gewässer behandelt wird. Über welche Einzelthemen wird schwerpunktmäßig berichtet? Stellt eine (Rang-)Liste der angesprochenen Probleme auf.*
- ✗ *Welche Themen sind besonders konfliktrichtig, d.h. zu welchen Problemen bestehen unterschiedliche Standpunkte?*
- ✗ *Wer weiß Näheres zu den in den Zeitungsartikeln angesprochenen Themen/Konflikten (weil er in der Nähe wohnt, Betroffene persönlich kennt, etc.) und kann für den weiteren Unterricht Kontakte herstellen?*
- ✗ *Wie und mit welchen Schwerpunkten soll im Unterricht zum Thema gearbeitet werden?*

Ein Blick in die Zeitung



**„Zustand der Bäche ist sehr schlecht“**

**Fließgewässer in gutem Zustand**  
**Hessisches Wassergesetz liegt noch auf Eis**  
**Der Patient erholt sich langsam, kränkelt aber noch**  
*Land legt Gewässerstruktur-Gütekarte vor / Bach- und Flußläufe renaturieren, Uferstreifen freihalten*

HEISEBACH

**Die Natur hat wieder das Sagen**  
**Ein Auwald gegen das Hochwasser**

PILGERBACH

**Die Natur kehrt zurück**  
**Ein erster Schritt zur Patenschaft**

Die erste Bachpatenschaft innerhalb der Stadt strebt eine Interessengemeinschaft für den Geilebach an. Am Samstag wurde mit der Reinigung des Bachbettes und des Uferbereiches begonnen.

**HARLESHAUSEN** ■ Nicht nur Cola-Dosen und Kaugummipapier sammeln die zukünftigen Bachpaten am Samstagmittag an, sogar Teppichreste und sogar ein Fahrrad förderte die Feinigungsaktion im Bachbett und dem Uferbereich des Geilebach am Bundesbahnausbesserungswerk in Harleshausen zutage.

HOCHWASSERSCHUTZ

**Bauna soll gebändigt werden**

Zurück zur Idylle



HOCHWASSER

**Aufatmen in Nordhessen**

(Foto: Rosenthu)

Bei strömendem Regen säuberten die Mitglieder der Interessengemeinschaft Geilebach a Gewässer vom Müll.

WASSERQUALITÄT

**Fast nur noch saubere Flüsse in Nordhessen**

BÄCHE

**Im Kanal verlieren sie ihre Identität**



Die Drusel: Ein Korsett aus Stein und Beton raubt dem Wasserlauf seinen Charakter.



► M 4.3

## Mensch und Gewässer – Einführung

### Was geht der Bach uns an? – Eine Umfrage

#### Zielgruppe

Ab Klasse 7

#### Fachbezug

Sozialkunde, Deutsch, Biologie, Erdkunde, Lernbereich  
Naturwissenschaften

#### Ziele:

- Bedeutung von Bächen und Flüssen im Alltag der Menschen/  
im eigenen Alltag handlungsorientiert erforschen
- Bewusstsein und Handlungsbereitschaft zum Thema Gewässer-  
schutz erforschen

#### Allgemeine Hinweise

Die Verwendungsmöglichkeiten des Fragebogen sind vielfältig:

- im Rahmen eines längeren Projektes oder einer Arbeits-  
gemeinschaft
- als Fragebogen für eine Lerngruppe zum Einstieg in das  
Thema
- am Ende einer Unterrichtseinheit Mensch und Gewässer
- als Vorschlag für den Lehrer oder die Lehrerin für ein Unter-  
richtsgespräch in der Einstiegsstunde zu einer Einheit „Mensch  
und Gewässer“

#### Vorbereitung

Die einzelnen Fragen und die Durchführung der Befragung (Adressaten, Fragetechnik, Verfahren, Kassettenrecorder ja oder nein) muss vorher im Plenum besprochen werden. Der Fragebogen ist in der vorliegenden Form ein Vorschlag und kann selbstverständlich von den Schülerinnen und Schülern nach ihren Interessen entwickelt oder verändert werden.

#### Durchführung

In Zweiergruppen.

#### Auswertung

- ✗ *Stelle deine Ergebnisse auf einer Plakatwand zusammen!*
- ✗ *Suche aus den Interviews typische Zitate heraus!*


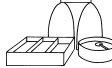


# Was geht der Bach uns an? – Eine Umfrage

## Befragte Person:

- Mitschüler/-in
- Anwohner/-in
- Vertreter/-in eines Naturschutzverbandes
- Behördenvertreter/-in (z.B. Umweltamt)
- Politiker/-in
- Spaziergänger/-in
- Angler/-in /Angelverein
- \_\_\_\_\_

## Fragen:

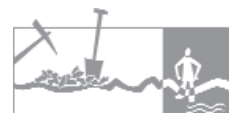
1. Welche persönliche Bedeutung hat der Bach für Sie? \_\_\_\_\_
2. Welche Berührungspunkte gibt es?  
 Ich gehe spazieren.     Ich angle.      Keine     \_\_\_\_\_
3. Was wissen Sie über den Bach? \_\_\_\_\_
4. Woher kommt der Bach? Wo fließt er hin? \_\_\_\_\_
5. Ist Ihnen persönlich schon einmal am Bach etwas Bemerkenswertes positiv oder negativ aufgefallen? \_\_\_\_\_
6. Was wissen Sie über die Wasserqualität? \_\_\_\_\_
7. Gibt oder gab es Probleme?  
 Keine     Verschmutztes Wasser     Hochwasser     \_\_\_\_\_
8. Welche Tiere gibt es in oder an dem Bach? \_\_\_\_\_
9. Woher bekommen Sie ihr Wasser? \_\_\_\_\_
10. Wohin geht das Abwasser? \_\_\_\_\_
11. Wie wird es dort gereinigt?  \_\_\_\_\_
12. Was bedeutet Renaturierung? \_\_\_\_\_
13. Müsste Ihrer Ansicht nach am Bach etwas getan werden?  
 Nichts, es ist in Ordnung so.     Das Wasser müsste sauberer sein.  
 \_\_\_\_\_
14. Wer müsste etwas tun? \_\_\_\_\_
15. Wären Sie bereit sich für Verbesserungen am Bach zu engagieren oder Einschränkungen in Kauf zu nehmen (z.B. Bachpatenschaften, Einschränkung von Freizeitmöglichkeiten wegen Naturschutz, höhere Abwassergebühren)?  
 Ja, und zwar \_\_\_\_\_  
 Nein



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



## Gewässerausbau



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken	
Sachinformationen zum Thema	► 90												
Lehrerinformationen und Schülermaterial													
5.1 Rätselbilder	► 96	●	●	●	-	-	●	-	●	●	-	-	●
5.2 Geschichte einer Aue	► 98	-	●	●	●	-	●	-	●	-	●	-	-
5.3 Von der Lebensader zum Kanal – Gewässerausbau und Folgen	► 100	●	●	-	-	-	●	-	-	-	-	-	-
5.4 Ökologische Auswirkungen des Gewässerausbaus	► 102	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-	-	-
5.5 Ökologische Veränderungen durch Stauhaltungen	► 105	-	-	●	-	-	●	-	-	-	-	-	-



## Gewässerausbau

Flussauen sind die Landschaftselemente, die der Mensch von jeher durch Besiedlung und landwirtschaftliche Nutzung am meisten beeinflusst hat. Entlang von Rhein und Donau lagen die wichtigsten Handels- und Völkerwanderungswege Mitteleuropas. Auf Flößen und Schiffen konnten Güter wie Holz, Ziegel, Salz aber auch Menschen und Kriegsgerät vergleichsweise einfach transportiert werden. Die fruchtbaren, weiten Auen konnten die Menschen ernähren. Dazu wurden die Auwälder abgeholzt, Äcker und Weiden angelegt und bewirtschaftet – allerdings in Abstimmung mit dem Steigen und Fallen der Fluten und in respektvollem Abstand. Die regelmäßigen Überflutungsbereiche wurden in der Regel nicht besiedelt. Bis ins 19. Jahrhundert hinein blieben die menschlichen Eingriffe im Großen und Ganzen naturverträglich. Das Flussregime wurde kaum beeinträchtigt, den Flüssen und Bächen blieb genügend Raum zur eigendynamischen Entwicklung.

### Gründe für den Gewässerausbau

Der Gewässerausbau in großem Maßstab begann erst mit der zunehmenden Technisierung seit der Mitte des letzten Jahrhunderts. Mit der rasant ansteigenden Bevölkerung wuchs der Bedarf an Flächen zur landwirtschaftlichen Nutzung, für Siedlungen und Verkehrswege. Solange die Siedlungen noch außerhalb des regelmäßigen Überflutungsbereiches lagen, konnte man Hochwässer, die ein natürlicher Vorgang und Wesensmerkmal von Fließgewässern sind, als naturgegeben hinnehmen und arrangierte sich.

Wichtigstes Ziel des Gewässerausbaus war es nun, eine Beständigkeit und Vorhersagbarkeit der Wasserführung zu erreichen, das Gewässer in seinem Lauf festzulegen und so die neugewonnenen Flächen effektiv gegen Hochwasser zu sichern. Der Gewässerausbau in großem Ausmaß begann mit dem Dampfschiffahrtszeitalter in der Mitte des vorigen Jahrhunderts. Wehre und Staustufen wurden zur Nutzung der Wasserkraft angelegt, sie hatten jedoch zunehmend die Funktion, die Fließgeschwindigkeit der begradigten Flüsse zu regulieren und somit eine unangenehme Folgeerscheinung des Gewässerausbaus zu regulieren. Die Folgen dieser weitreichenden Eingriffe waren für das Ökosystem zerstörerisch und beeinträchtigen bis heute nachhaltig die Naturhaushaltsfunktionen der Fließgewässer.

### Ein Beispiel: Die Begradigung des Oberrheins

Ein bekanntes Beispiel für die dramatischen Auswirkungen des Gewässerausbaus ist die Geschichte der Regulierung des Oberrheins zwischen Breisach und Basel. Der Rhein verzweigte sich hier auf einer Breite von mehr als 5 Kilometern in ein von Tausenden von Inseln, Kies- und Sandbänken unterbrochenes Adernetz von Gerinnen – eine typische Furkationszone, deren ausgedehnte Auwälder in ihrem Artenreichtum und Erscheinungsbild an tropische Regenwälder erinnern.

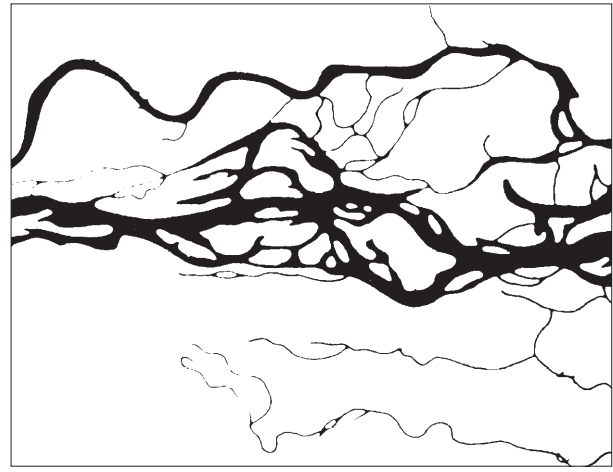


Abb. 5-1 Oberrhein bei Breisach 1828 (vor der Regulierung)

Seit 1820 wurde unter der Leitung des Wasserbautechnikers Tulla der Fluss in mehreren Schritten begradigt, in ein etwa 200 Meter breites Bett gezwängt und die Aue trocken gelegt. Auf der Strecke zwischen Basel und Bingen wurde der Rhein um insgesamt 81 Kilometer (23 %) verkürzt. Die dramatischen Folgen überraschten selbst den Baumeister und erforderten immer neue Eingriffe: Durch die Flusslaufverkürzung fraß sich der Rhein bis zu 10 Meter tief in den Untergrund ein, der Grundwasserspiegel sank so sehr, dass das neu gewonnene Land im niederschlagsarmen Oberrheingebiet für die Landwirtschaft bald zu trocken war. Die ehemalige Auenlandschaft ist heute ein ausgesprochenes Trockengebiet mit fast mediterran anmutender Vegetation. Von der ursprünglichen Auenlandschaft haben höchstens 2 % ihren naturnahen Charakter bewahrt.

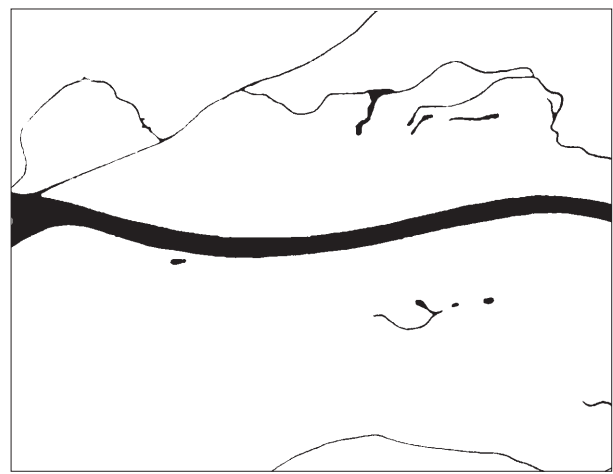


Abb. 5-2 Oberrhein bei Breisach heute (seit 1963)

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Gewässerausbau



Von den Hochwässern blieben die Oberrheinanlieger – wie Tulla vorausgesagt hatte – verschont. Doch wurde das Hochwasserproblem nicht wirklich gelöst, sondern lediglich verlagert. Weil die Oberrheinauen als natürliche Retentionsräume zerstört waren, konnten nun die Wassermassen ungebremst in untere Rheinabschnitte fließen. Vor allem am Mittelrhein verschärften sich die Hochwässer nach dem Oberrheinausbau. In Koblenz und Köln sind plötzlich auftretende, dramatische Hochwässer während lang andauernder Regenperioden bis heute ein Problem.

Wie der Rhein verloren durch mehr oder weniger umfangreiche Ausbaumaßnahmen fast alle Bäche und Flüsse ihr charakteristisches Gesicht. Heute befindet sich praktisch kein Fließgewässer mehr im Naturzustand und die wenigsten Menschen haben eine Vorstellung von der beeindruckenden Ausdehnung und dem Erscheinungsbild natürlicher Flusssysteme. In Deutschland sind Elbe und Oder die einzigen großen Flüsse, an denen zumindest streckenweise großflächig naturnahe Auenlandschaften erhalten sind.

Maßnahmen	Gründe	Folgen
<b>Trockenlegung der Aue</b>	Flächengewinn/ landwirtschaftliche Nutzung	Grundwasserabsenkung
	Besiedlung	Biotopverlust: Auen und Feuchtgebiete gehen verloren
	Verkehrswege	Artenrückgang
<b>Begradigung und Ausbau</b>	Flächengewinn und Flächensicherung	Verkürzung des Gewässerlaufes
	Hochwasserschutz	Erhöhte Fließgeschwindigkeit: Tiefenerosion
	Schifffahrt	Erhöhte Hochwassergefahr für Unterlieger
		Biotopverlust (Zerstörung von Kleinlebensräumen in Gewässer und Aue)
		Artenrückgang
		Verlust von Vielfalt und Dynamik
		Verarmtes Landschaftsbild
<b>Stauhaltungen</b>	Wasserkraftnutzung	Änderung des Stoffhaushaltes (Fließgewässer wird zum See; erhöhte Eutrophierungsgefahr)
	Schifffahrt	Ökologische Barrieren: Gewässer wird zur Einbahnstraße
	Regulierung der Fließgeschwindigkeit	

Abb. 5-3 Gewässerausbau: Maßnahmen, Gründe und Folgen



**Auswirkungen des Gewässerausbaus auf die Biotop- und Artenvielfalt**

Natürliche Flussauen gehören zu den artenreichsten und ökologisch interessantesten Lebensräumen Mitteleuropas. Das Zusammentreffen unterschiedlichster, vielfach extremer Lebensbedingungen auf engstem Raum, die jeweils ihre ganz speziellen Anpassungen erfordern, ist der Grund dafür. Der Rückgang spezialisierter Fließge-

wässerarten, die hauptsächlich unter den Vögeln, Amphibien, Fischen, Schnecken und Muscheln sowie vielen Insektengruppen zu finden sind, ist in direktem Zusammenhang mit der Zerstörung der Auen zu sehen. Auch Pflanzen und ganze auentypische Vegetationseinheiten sind bedroht. Der Gewässerausbau führt zu einer Verarmung der Lebensgemeinschaften: Spezialisierte ► STENÖKE Arten gehen zurück, der ursprünglich artenreiche Lebensraum wird von wenigen anspruchslosen ► EURYÖKEN Arten besiedelt.

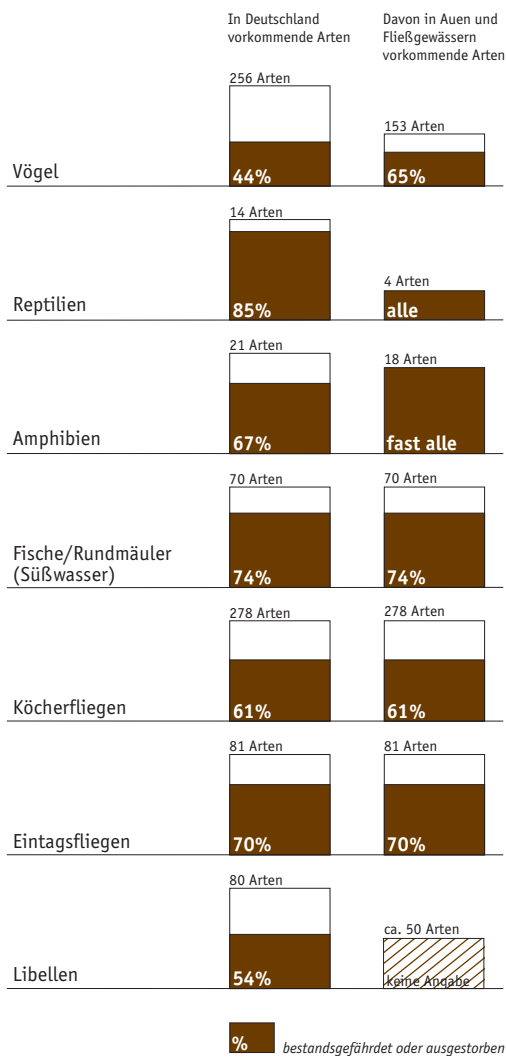


Abb. 5-4 Bedeutung von Auen und Fließgewässern als Lebensraum ausgewählter Tiergruppen und Pflanzen (nach KAULE 1991, BINOT 1998)

Flächenanteile der Pflanzengesellschaften in %

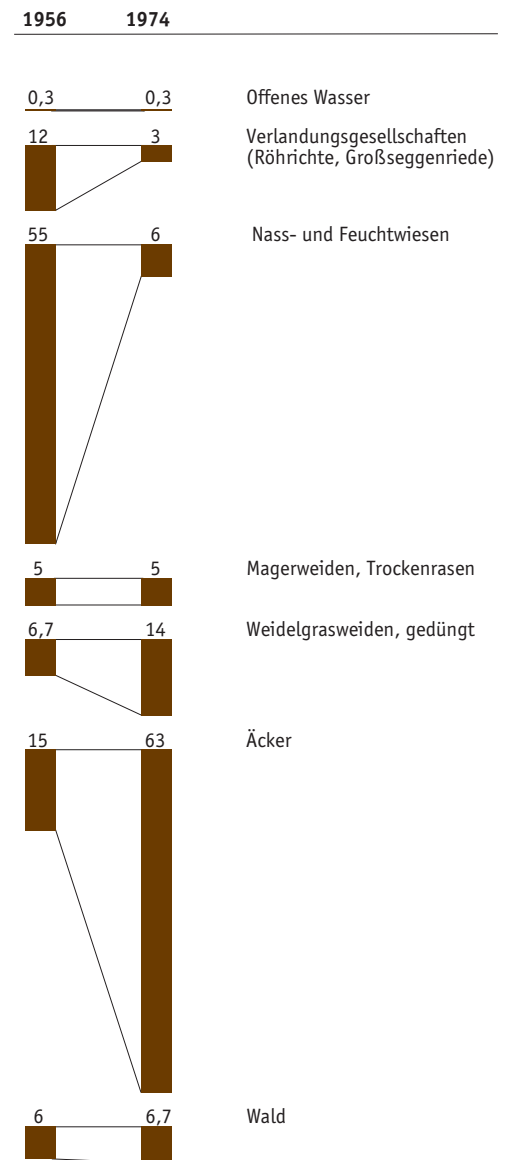


Abb. 5-5 Veränderung der Flächenanteile von Pflanzengesellschaften in einer Flussau durch Nutzungsänderung (nach KAULE 1991 aus MEISEL/HÜBSCHMANN 1975 verändert)

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Gewässerausbau



### Ökologische Auswirkungen von Stauhaltungen

Um die durch Begradigung erhöhte Fließgeschwindigkeit wieder zu drosseln, wurden viele Fließgewässer mit Staustufen versehen. Damit besteht gleichzeitig die Möglichkeit der Wasserkraftnutzung. Größere Flüsse wie der Rhein, der Main, die untere Lahn und die untere Fulda sind staureguliert, um sie für die Schifffahrt zu nutzen. Doch auch kleine Flüsse und Bäche sind immer wieder durch Querbauwerke unterbrochen. Die Losse, ein ca. 25 m langer Bach östlich von Kassel, ist auf seiner ganzen Länge von nicht weniger als 48 Wehren und Sohlabstürzen unterbrochen (HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT 1997). Damit besteht die Losse aus 48 kaum 500 m langen Teilsegmenten. Zu unüberwindlichen Hindernissen für fast alle gewässerbewohnenden Tiere und damit zu ökologischen Barrieren werden die Querverbauungen, wenn sie höher als 30 cm und betoniert oder gemauert sind. So entstehen in gestauten Fließgewässern voneinander isolierte Teilbiozöten. Verinselung nennt man dieses Phänomen mit weitreichenden populationsökologischen Folgen.

Die meisten charakteristischen Fließgewässerarten sind durch ihren Lebenszyklus und ihre Verhaltensweisen an die einseitig gerichtete Strömung angepasst: Viele Wasserinsekten gleichen die strömungsbedingte Abdrift als Larven durch Wanderungen auf der rauhen Gewässersohle entgegen der Strömung, als Imagines durch den sogenannten Kompensationsflug gewässeraufwärts aus. Dabei orientieren sie sich am Wasserlauf. Dies ist jedoch nicht möglich, wenn der Bach plötzlich in langen Verrohrungen verschwindet. Besonders dramatische Folgen hat die künstliche Segmentierung der Fließgewässer für die Fische. Wanderfischarten wie Lachs, Aal oder Forelle können wegen der Querbauwerke ihre Laichhabitate in den Flussoberläufen nicht mehr erreichen, die natürlichen Populationen sterben aus.

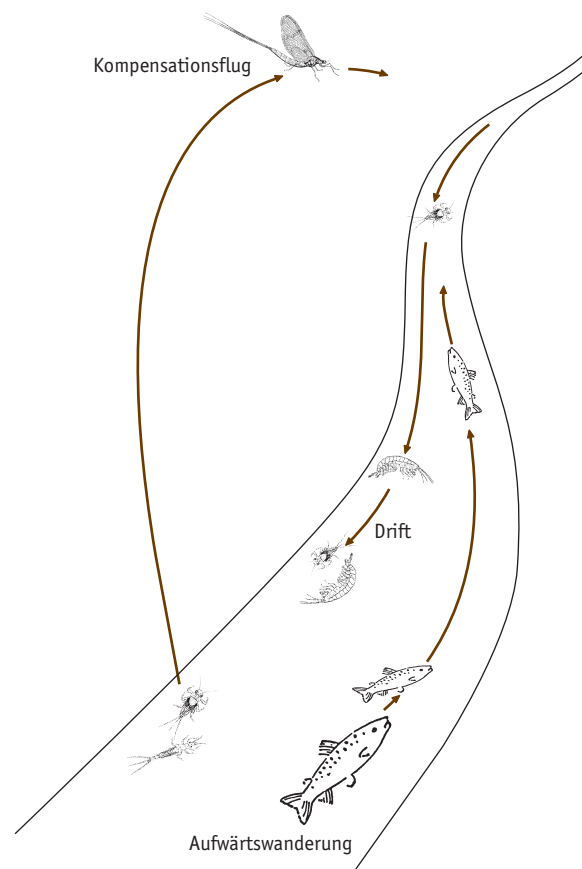


Abb. 5-6 Kompensationsflug von Wasserinsekten. Den als Drift bezeichneten Abwärtstransport durch das strömende Wasser gleichen gewässerbewohnende Tierarten durch aktive Wanderungen aus. Schlüpfende Wasserinsekten fliegen grundsätzlich entgegen der Strömung, Fische führen aufwärtsgerichtete Wanderungen zum Laichen durch.



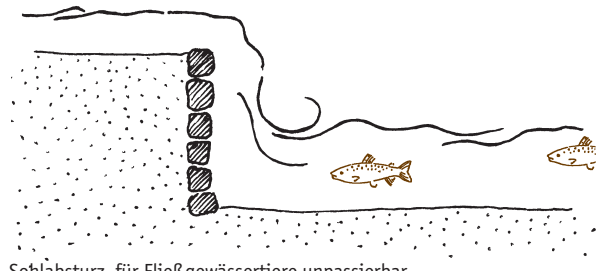
## Gewässerausbau

Auch die abiotischen Bedingungen ändern sich durch Stauhaltungen dramatisch: Das Fließgewässer wird praktisch in eine Kette von Stillgewässern unterteilt, dementsprechend ändern sich die Hydrologie, der Geschiebe- und Stoffhaushalt und damit auch die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften. Mit dem Wasser stauen sich vor den Staustufen die Sedimente – vor allem die Feinsedimente, die im stehenden Wasser absinken. Deshalb findet man vor Wehren und Staustufen ausgedehnte Verschlammungszonen, die natürlicherweise in Fließgewässern erst in den unteren Flussabschnitten nahe der Mündung vorkommen.

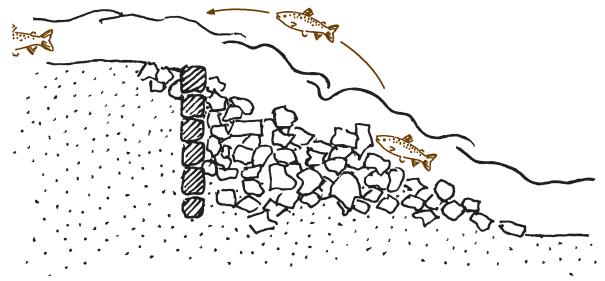
Der Stoffhaushalt in Stauhaltungen ist nachhaltig verändert. Besonders problematisch ist in nährstoffbelasteten Fließgewässern die erhöhte Eutrophierungsgefahr. Normalerweise sind Fließgewässer weniger eutrophierungsgefährdet als Stillgewässer, weil in das schnell fließende Wasser physikalisch noch genügend Sauerstoff zum Abbau der Nährstoffe eingetragen wird. Wird ein nährstoffbelasteter Fluss jedoch gestaut, kommt es regelmäßig zu ökologisch kritischen Sauerstoffdefiziten und -übersättigungen, wie sie eigentlich für belastete Seen typisch sind. ► KAP. 3 STOFFHAUSHALT

Insgesamt führt der Aufstau eines Gewässers aufgrund der völlig veränderten Lebensbedingungen zu einer Verarmung der Lebensgemeinschaften. Mit der Verschlammung kommt es zu einem Rückgang der Kleinlebensräume, weil die Feinsedimente die Gewässersohle überdecken und lebenswichtige Refugialräume verstopfen. Tierarten, die sich auf Steinen festheften, finden auf dem instabilen Feinsubstrat keinen Halt mehr. Auch sauerstoffbedürftige Arten gehen zurück. Dafür gibt es vermehrt Arten, die sich aufgrund ihrer wurmförmigen Körpergestalt im Sediment verkriechen können und Sauerstoffdefizite tolerieren wie Schlammröhrenwürmer oder Zuckmückenlarven. Hinsichtlich der Ernährungstypen, findet man in Stauhaltungen vor allem Sammler und Filtrierer sowie wenige Räuber. Weidegängern und Zerkleinerern fehlt die Nahrungsgrundlage. Insgesamt gleicht die Biozönose denen von Flussunterläufen.

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



Sohlabsturz für Fließgewässertiere unpassierbar



Sohlgleite (Steinrampe) passierbar für Fließgewässertiere

Abb. 5-7. Ein Wehr oder ein betonierter Sohlabsturz ist für die meisten Fließgewässertiere ein unüberwindliches Hindernis. Als kritische Grenze gelten Querbauwerke, die höher als 30 cm sind. Durch das Aufschütten von Steinen können die Barrieren passierbar gemacht werden.

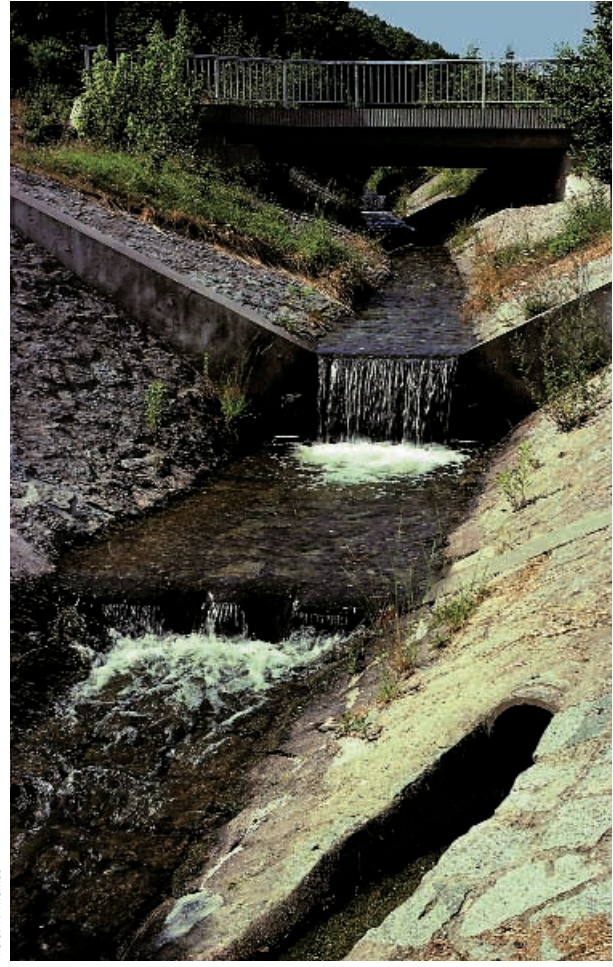


Foto: P. Thomas

Abb. 5-8 Vor allem in Ortschaften wurden viele Bäche zu lebensfeindlichen Betonrinnen ausgebaut.

## Gewässerausbau



### Literatur:

- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT (1997): *Lebensadern unserer Landschaft. Broschüre.* Wiesbaden.  
KUTTER, S.; SPÄTH, V. (1993): *Rheinauen. Bedrohtes Paradies am Oberrhein.* Verlag G. Braun, Karlsruhe.  
TITTLER, T.; KREBS, F. (Hg.) (1996): *Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen. Eine Bilanz.* Springer Verlag Heidelberg.  
GRAW, M. (2002): *Hochwasser – Naturereignis oder Menschenwerk? Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz.* Bonn.



► M 5.1

## Zielgruppe

Klasse 5-13

## Fachbezug

Erdkunde, Sozialkunde, Biologie, Geschichte, Lernbereich  
Naturwissenschaften, Kunst

## Ziele

- am Beispiel Oberrhein Ausmaß des Gewässerausbaus erkennen
- Gründe, Veränderungen und ökologische Auswirkungen des technischen Gewässerausbaus erarbeiten

## Allgemeine Hinweise

Die Abbildungsfolge zeigt exemplarisch den Verlust der Strukturvielfalt eines Fließgewässers infolge von Ausbaumaßnahmen am Beispiel des Oberrheins. Rätselbild 1: Oberrhein bei Breisach 1828 (vor der Regulierung) Rätselbild 2: Oberrhein bei Breisach heute (seit 1963). Zunächst sollten die Abbildungen als Rätselbilder auf Folie gezeigt (Rätselbild 2 kann auch weggelassen oder später zur Auflösung des Rätsels gezeigt) werden. Assoziationen werden gesammelt: z.B. „Adernetz“, „Lebensader“. Dann erst werden das Ausmaß, die Gründe und die Folgen des Oberrheinausbaus erarbeitet, die exemplarisch für das Schicksal vieler Fließgewässer sind. Der Oberrheinausbau ist in den Sachinformationen beschrieben. Eine ausführliche und sehr eindrucksvolle Darstellung – geeignet als Grundlage für ein Referat – findet man in KUTTER/SPÄTH 1993, eine wissenschaftliche Beschreibung in TITTIZER/KREBS 1996.

## Aufgabenstellungen

- ✗ Was wurde an dem Flusslauf und der Aue verändert?
  - Festlegung eines Hauptstromes
  - Begradigung und Verkürzung des Flusslaufes, Verringerung der Gesamt-Wasserfläche (die Aue war ursprünglich mehrere km breit, nach der Korrektur misst der Hauptstrom noch etwa 200 m)
  - Trockenlegung bzw. Verschüttung von Seitenarmen
  - Eindeichung zum Hochwasserschutz
- ✗ Welche Gründe könnte der Ausbau gehabt haben?
  - Flächengewinnung für Landwirtschaft und Besiedlung
  - Hochwasserschutz
  - Schifffahrt
- ✗ Welche Folgen könnte der Ausbau haben? Denke dabei auch an die Folgen starker, lang andauernder Regenfälle.
  - Verminderung der natürlichen Auenflächen, Zerstörung des Lebensraums für die autotypische Flora und Fauna; Austrocknung und Versteppung der Aue (Veränderung des Kleinklimas).

- Verschwinden von Inseln und Kiesbänken (1825 gab es im Oberrhein noch über 2000 Inseln).
- Erhöhung der Fließgeschwindigkeit, Erhöhung der Schleppkraft (Sedimenttransport) und dadurch Tiefenerosion. Das Flussbett des Oberrhein liegt heute 7 m tiefer als vor der Regulierung.
- Grundwasserabsenkung (bis zu 3 m).
- Bei Starkregen verteilte sich früher das Wasser auf die gesamte große Aue, konnte langsam abfließen und z.T. auch versickern (Grundwasserneubildung). Hochwässer verursachten kaum Schaden, weil die Flächen im regelmäßigen Überflutungsbereich nicht genutzt wurden. Heute stehen viel geringere Flächen als Retentionsräume zur Verfügung. Das Wasser fließt schnell ab, verursacht Hochwässer in unteren Flussabschnitten und richtet erhebliche Schäden auf bebauten und landwirtschaftlich genutzten Flächen an.

## Vertiefungsmöglichkeiten

### ● Beurteilung des Gewässerausbaus

„Tullas gewaltige Leistung bändigte den wilden Gesellen Rhein, indem er ihn in ein festgefühtes Strombett zwängte, das Wasser vieler Rheinarme sammelte und dem Hauptstrom zuführte, den alten Lauf wesentlich verkürzte und den Fluss erst zu einer bedeutenden Wirtschaftsader ausbaute. Dazu kommt noch, dass Sumpf und Fieber wichen und umfangreiches Acker- und Wiesenland entstand.“

✗ Welche Gründe werden für den Oberrheinausbau genannt? Hältst du Tullas Werk auch uneingeschränkt für eine „gewaltige Leistung“? Wie würdest du dieses Zitat zeitlich einordnen?

Es stammt aus einer Ortschronik eines Dorfes am Oberrhein von 1958 (zitiert nach KUTTER/SPÄTH 1993).

### ● Bau eines Auenmodells

Der Bau eines Auenmodells nach den Vorstellungen der Schülerinnen und Schüler aus Gips, Sand oder sonstiger Modelliermasse ist eine schöne (Abschluss-)Aufgabe für ein fächerübergreifendes Projekt oder einen längeren Wahlpflichtkurs zum Thema. Dabei gibt es zahlreiche Variationsmöglichkeiten.

### ● Variante 1: Eine (Wunsch-)Flusslandschaft

✗ Fertigt in Gruppen nach dem Vorbild von Modellbahnlandschaften eine natürliche Flusslandschaft nach euren Vorstellungen mit allen Details (Pflanzen, Wasserflächen, Bodenstrukturen, Tieren, etc.) an. Der Phantasie und der Materialverwendung sind keine Grenzen gesetzt.

### ● Variante 2: Hochwasser in Natur- und Kulturlandschaft

✗ Fertigt aus Gips oder anderer Modelliermasse zwei Modelle mit gleicher Grundfläche an:

- a) natürliche Flusslandschaft nach Vorbild des unverbauten Oberrheins
- b) Landschaft mit kanalisiertem Fluss (Oberrhein heute).

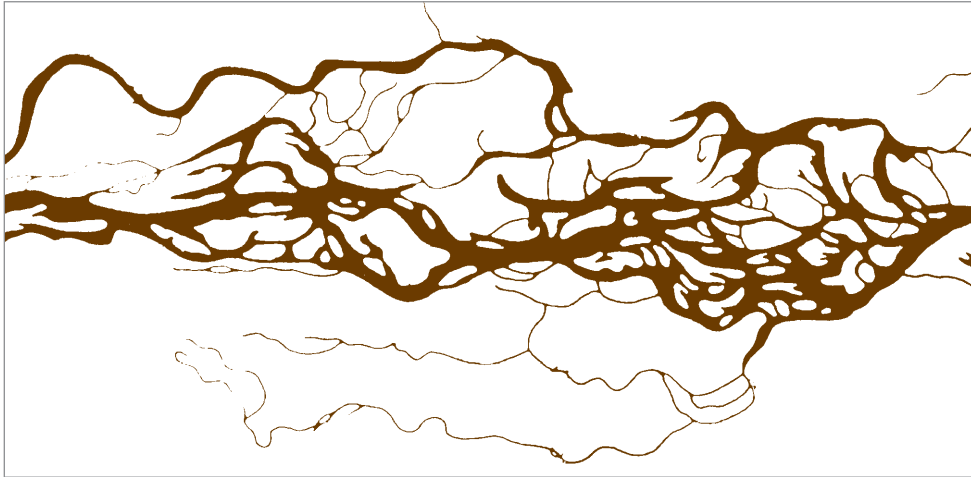
Beide Modelle werden in eine Wanne oder ein anderes Gefäß gestellt. Mit einer Gießkanne mit feiner Brause wird eine definierte Menge Wasser über beide Modell-Landschaften gegossen. Verfolge und vergleiche wie das Wasser seinen Weg durch die beiden Landschaften nimmt. Wieviel Wasser landet in der Wanne?

### Literatur

KUTTER, S.; SPÄTH, V. (1993): Rheinauen. Bedrohtes Paradies am Oberrhein. Verlag G. Braun, Karlsruhe.  
TITTIZER, T.; KREBS, F. (Hg.) (1996): Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen. Eine Bilanz. Springer Verlag Heidelberg.



Rätselbilder





► M 5.2

## Gewässerausbau

### Geschichte einer Aue

#### Zielgruppe

Ab Klasse 8

#### Fachbezug

Erdkunde, Biologie, Geschichte, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- erkennen, dass die Flussauen in der heutigen Form das Ergebnis einer Jahrhunderte andauernden Entwicklung sind, an der der Mensch entscheidenden Anteil hatte
- Wechselwirkung von Siedlungs- und Landschaftsgeschichte erkennen
- Veränderungen einer Flussaue an einem schematisierten Bild beschreiben und nachvollziehen

#### Durchführung/Aufgabenstellungen

**X** Beschreibe und erkläre die Veränderungen der Flussaue.

Achte dabei besonders auf

- Nutzung/Besiedlung
- Veränderungen des Flussbettes
- Pflanzenbewuchs/Vegetation
- Hoch- und Grundwasserlinie
- Bodenschichten

**X** Versuche die Bilder zeitlich einzuordnen

*Bild 1:* vom Menschen unbeeinflusst

flaches und breites Flussbett; überall mehr oder weniger Wasser (fließendes Wasser im Flussbett; stehendes Wasser in gewässerbegleitenden Feuchtgebieten); Auwald im Tal, Laubmischwald auf den Höhen; keine menschliche Nutzung.

*Bild 2:* Mittelalter

beginnende Besiedlung; Wälder werden abgeholzt; beginnende Auelehm bildung; Feuchtgebiete werden kleiner bzw. überschüttet. Extensive Nutzung der Aue (Wiesen/Weiden) möglich durch Rodung und Entwässerungsgräben; Grundwasser beginnt zu fallen, Hochwasser zu steigen.

*Bild 3:* 1850

Besiedlung nimmt zu; Wälder fast vollständig abgeholzt, fortgeschrittene Auelehm bildung; erster Acker in der Aue; sinkendes Grundwassers, steigendes Hochwasser; beginnende Flusskorrekturen.

*Bild 4:* Heute

Besiedlung bis an das Ufer; Eindeichung als Hochwasserschutz; kein Auwald; Wiesen wurden zu Ackerland; Fluss ist eingetieft; Höhen mit Nadelwald wieder aufgeforstet.

#### Literatur

ELLENBERG, H. (1982): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart.

KUTTER, S.; SPÄTH, V. (1993): *Rheinauen. Bedrohtes Paradies am Oberrhein*. Verlag G. Braun. Karlsruhe.

#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Geographische Zuordnung des Entwicklungsschemas

**X** Für welchen Flussabschnitt gilt dieses Entwicklungsschema? Suche nach Beispielen. (Atlas zu Hilfe nehmen)  
Ist es auch für Flussoberläufe gültig?

Die beschriebene Auenentwicklung gilt für Mittel- bzw. Unterläufe von Fließgewässern mit relativ breiter Aue. Z.B. Lahn zwischen Marburg und Gießen, Fulda vor Kassel, Weser, Main. Flussoberläufe und damit Bäche haben meist ein größeres Gefälle und deshalb keine breite Aue. Der Auelehm stammt von den entwaldeten Flächen im Einzugsgebiet. Der offen liegende ehemalige Waldboden wurde abgespült und mit anderen Sedimenten von den Flussoberläufen in die Mittel- und Unterläufe transportiert und in den Auen abgelagert.

##### ● Geschichte von Flusslandschaften

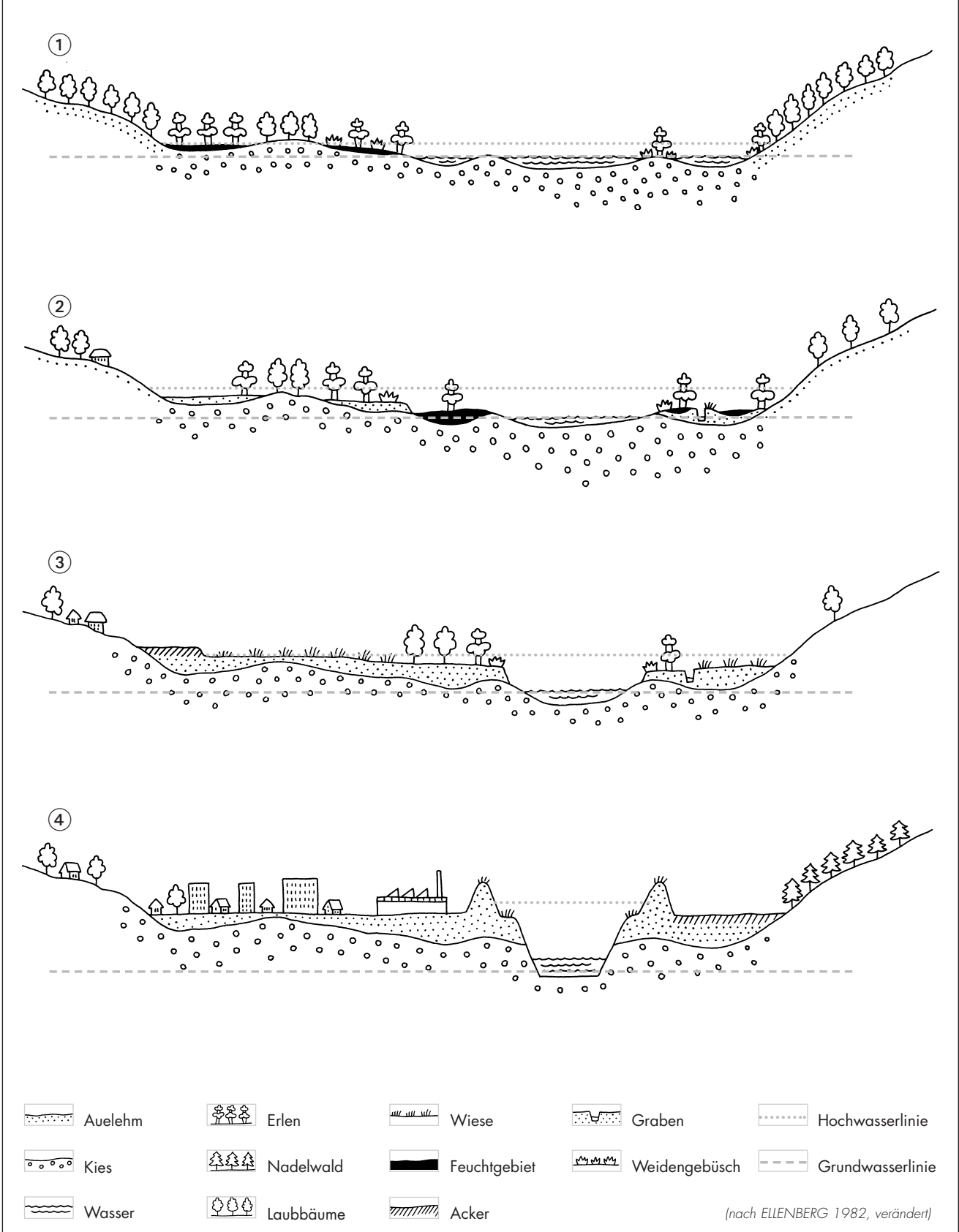
**X** Besorge dir Karten „eures“ Baches oder eines größeren Flusses in eurer Nähe. Wie hat er sich verändert (Lage in der Landschaft, Verlauf, Anteil der Auenwälder, Besiedlung, etc.)? Historische Karten gibt es im Stadtarchiv oder beim Hessischen Landesvermessungsamt. Ein Beispiel siehe ► ABB. 4-3 und ► ABB. 4-4 Fulda und Nebenbäche bei Kassel. (Adresse im ► ADRESSENVERZEICHNIS)

#### Ergänzungsmaterial

► M 2.4 LEBENSRAUM AUE



# Geschichte einer Aue



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



► M 5.3

## Gewässerausbau

### Von der Lebensader zum Kanal – Gewässerausbau und seine Folgen

#### Zielgruppe

Sek. I

#### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- Informationen über Lebensraumansprüche verschiedener Tierarten einholen
- Zusammenhang zwischen Artenrückgang und Gewässerausbau benennen können
- verschiedene Lebensraumtypen (Biotope) benennen
- erkennen, dass Lebensraumvielfalt die Bedingung für Artenvielfalt ist

#### Aufgaben und Vertiefungsmöglichkeiten

✗ Welche der abgebildeten Tierarten kommen in Landschaft 1, welche in Landschaft 2 vor?

Hier müssen die Schülerinnen und Schüler gegebenenfalls Informationen über die Lebens- und Ernährungsweise der Tiere sowie die Anforderungen an ihren Lebensraum einholen.

✗ Wie unterscheiden sich die Artenvorkommen der beiden Landschaften?  
Welche Ursache hat der Artenrückgang in Landschaft 2?

Dazu folgende Ergänzung:

✗ Um Landschaften zu beschreiben, unterscheidet man verschiedene Lebensraumtypen oder Biotope. Biotope sind Teile eines Ökosystems, die sich dadurch unterscheiden, dass in ihnen jeweils ganz spezifische, in etwa gleichartige Lebensbedingungen herrschen. Welche Lebensräume findest du in Bild 1, welche in Bild 2? Zeichne sie mit verschiedenen Farben oder Markierungen ein – was fällt auf?

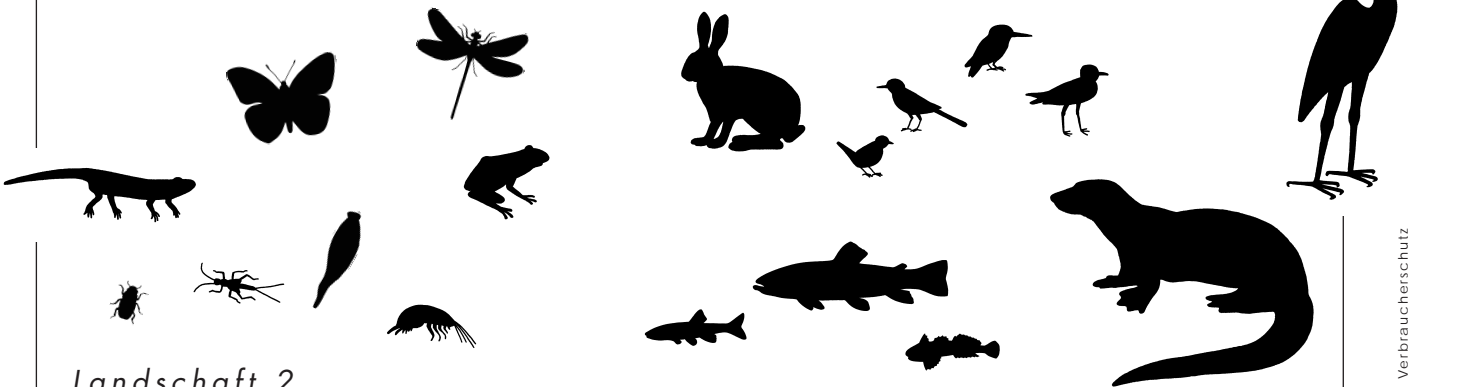
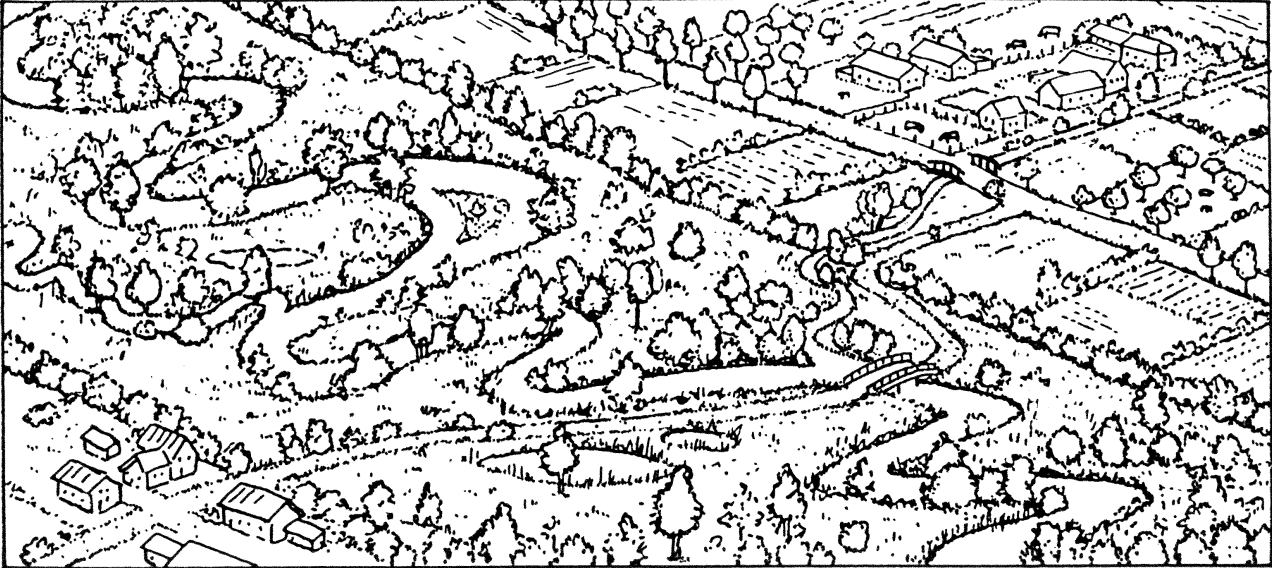
✓ Beispieltabelle: Vergleich von Landschaft 1 und Landschaft 2.

Lebensraum	Landschaft 1	Landschaft 2
Fließendes Wasser	+++	+ Fluss ist kürzer geworden
natürliche Gewässersohle	+++	- Gewässersohle ist gepflastert
Tümpel	+++	- Tümpel sind zugeschüttet
natürliche Flussufer	+++	- Ufer ist befestigt
Kiesbänke	+	- verschwunden
Feuchtwiesen	+++	- sind in Ackerland umgewandelt
Hecken	+++	+ viel weniger geworden
Acker	+	+++ viel mehr geworden
Weiden	-	+
Ortschaft	+	+++ sind größer geworden

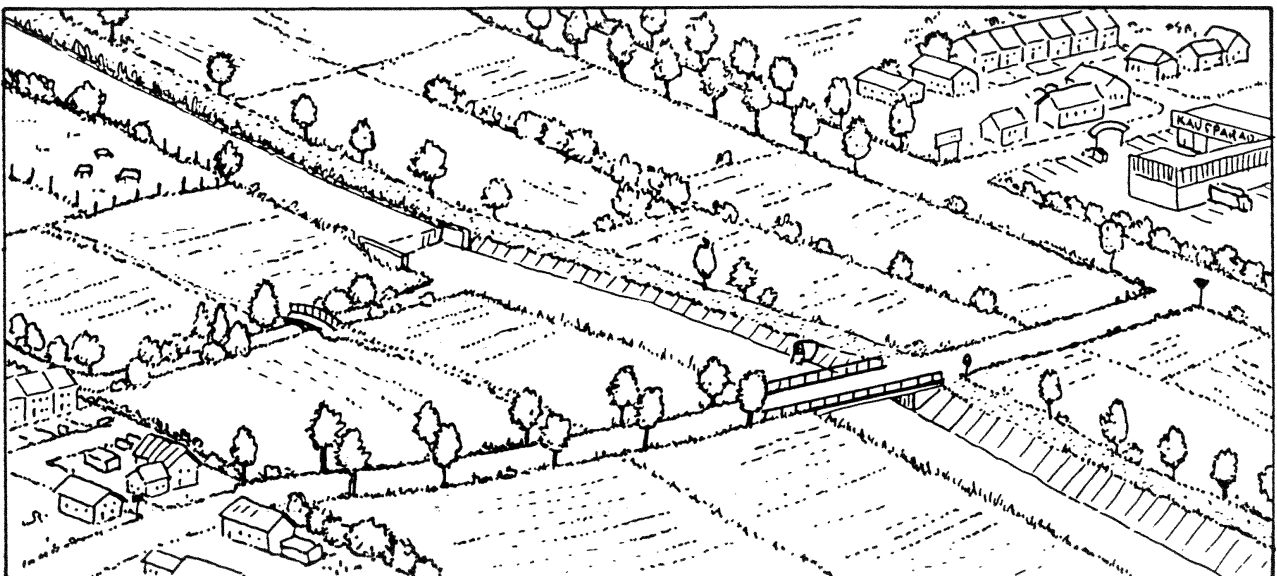
Von der Lebensader zum Kanal -  
Gewässerausbau und seine Folgen



Landschaft 1



Landschaft 2



Tiere: Käfer, Molch, Steinfliegenlarve, Schmetterling, Rolletzel, Bachflohkrebs, Frosch, Libelle, Elritze, Bachforelle, Mühlkoppe, Hase, Wasserramsel, Bachstelze, Eisvogel, Flussregenpfeifer, Fischotter, Graureiher

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



## Ökologische Auswirkungen des Gewässerausbaus

► M 5.4

### Zielgruppe

Sek. II

### Fachbezug

Biologie, Erdkunde

### Ziele

- Bedeutung der Gewässerstruktur für die Lebensgemeinschaften erkennen und erklären
- erkennen, dass durch den Gewässerausbau nicht nur die Lebensgemeinschaften, sondern auch die Selbstreinigungskapazitäten eines Fließgewässers erheblich beeinträchtigt sind

### Vorbereitung

Die Gewässerstrukturgüteklassen müssen bekannt sein. ► KAP. 10.2  
Außerdem sollten die Schülerinnen und Schüler bereits Freilandarbeiten zur Gewässerstruktur durchgeführt haben. ► M 1.5; M 11.1

### Aufgaben und Vertiefungsmöglichkeiten

#### ● Deutung der Untersuchungsergebnisse

✗ *Welches sind die Untersuchungsergebnisse eines naturnahen, welches die eines ausgebauten und begradigten Baches?*

#### Bach x (linke Seite)

ist ein naturnaher Bach der Strukturgüteklasse 1-2.

Merkmale: aufgrund des grobkörnigen Substrates Strömungsvielfalt mit Refugialräumen und entsprechender Artenvielfalt, hohe Individuendichte.

#### Bach y (rechte Seite)

ist ein begradigter, ausgebauter Bach der Strukturgüteklasse 6-7.  
Merkmale: sehr feinkörniges Substrat, bietet keine Refugialräume; Tiere in größerer Zahl können sich bei der gleichförmig hohen Strömung aufgrund der Begradigung nicht halten, sondern werden verdriftet.

#### ● Folgen des Gewässerausbaus

✗ *Beschreiben und erklären Sie die Folgen des Gewässerausbaus.*

#### Gewässersohle

Die Beschaffenheit der Gewässersohle wird grundlegend verändert, es findet sich vor allem feinkörniges Material. Steine und Kies fehlen und damit Strömungshindernisse und Unterschlupfmöglichkeiten für die Tiere. Auch Wasserpflanzen können sich aufgrund der gleichförmig hohen Strömung nicht mehr halten.

#### Lebensgemeinschaften

Artenzahl und Individuendichte nehmen ab. Die ausgebauten Bachstrecke ist regelrecht verödet, denn das sehr feinkörnige Substrat bietet keine Unterschlupfmöglichkeiten (Refugialräume). Tiere in größerer Zahl können sich bei der gleichförmig hohen Strömung im ausgebauten Bachbett nicht halten, sondern werden verdriftet. Außerdem ist das Nahrungsangebot verringert.

#### Selbstreinigung

In dem ausgebauten, begradigten Bach ist die Selbstreinigungsstrecke zum Abbau einer Ammoniumbelastung viermal so lang wie in dem naturnahen Bach. Ursache: Es steht nur eine relativ geringere Wuchsfäche für ammoniumabbauende Mikroorganismen zur Verfügung. Außerdem ist aufgrund der gleichförmigen Strömung und fehlender Turbulenzen der Sauerstoffeintrag geringer (Nitrifikation verbraucht Sauerstoff).

#### ● Ernährungstypen

✗ *Welche Tiergruppen würden Sie in den beiden Bächen erwarten? Beschreiben Sie die Ernährungstypen, die Ihrer Meinung aufgrund der herrschenden Lebensraum- oder Habitatbedingungen vorkommen könnten. (Beschreibung der Ernährungstypen in ► M 2.5)*

Folgende Ernährungstypen sind in den beiden Beispielbächen zu erwarten:

#### Naturnaher Bach (Beispiel-Bach x)

Vielfältige und mosaikartige Strukturen; vielfältige Kleinlebensräume, großes Nahrungsangebot, deshalb ist eine große Artenvielfalt mit allen Ernährungstypen zu erwarten.

#### Ausgebauter Bach (Beispiel-Bach y)

Verarmter Lebensraum, es überwiegen Feinsedimente, die alle großflächigen Hartsubstrate (Steine) überdecken. Weidegänger finden keine Nahrung. Auch Zerkleinerer und Pflanzenfresser sind, wenn überhaupt, nur in geringer Zahl zu erwarten, da keine Wasserpflanzen vorkommen und vermutlich auch Laub fehlt, da an begradigten Bächen meist Uferbäume fehlen. Es überwiegen die Sammler und Filtrierer. Solange Organismen vorkommen, gibt es auch einige Räuber.

### Ergänzungsmaterial/Thematische Bezüge

- M 1.5 STRUKTURVIelfALT EINES BACHES
- M 1.7 NATÜRLICH – WAS BEDEUTET DAS?
- M 2.1 KLEINLEBENSRAÜME
- M 2.5 ZONIERUNG EINES FLIESSGEWÄSSERS IM LÄNGSVERLAUF
- M 11.1 BEWERTUNGSBOGEN GEWÄSSERSTRUKTUR
- FOLIE 3 GEWÄSSERSTRUKTURGÜTE

Gewässerausbau

Ökologische Auswirkungen des Gewässerausbaus



M 5.4 ◀

Zur Bearbeitung des Arbeitsblattes können die folgenden Abbildungen mit den entsprechenden zeichnerischen Ergänzungen als Arbeitshilfe gezeigt werden:

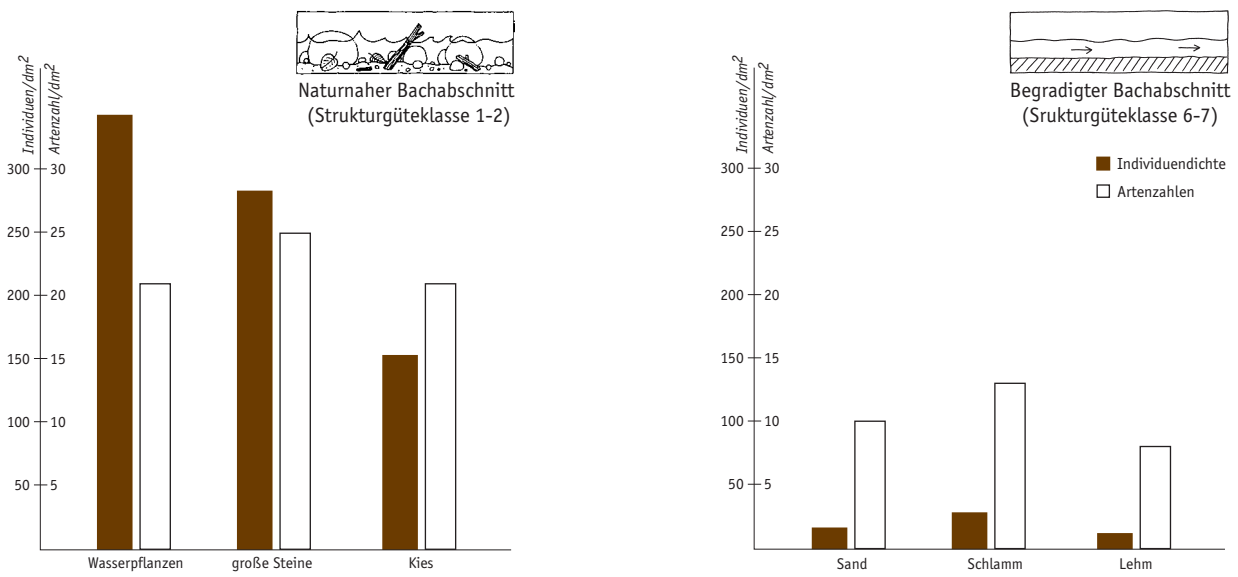


Abb. 5-9 Substrate, Individuendichte und Artenzahlen in einem naturnahen und einem ausgebauten Bachabschnitt (nach OTTO (1986) aus FRÖMBGEN et al. (1992), verändert)

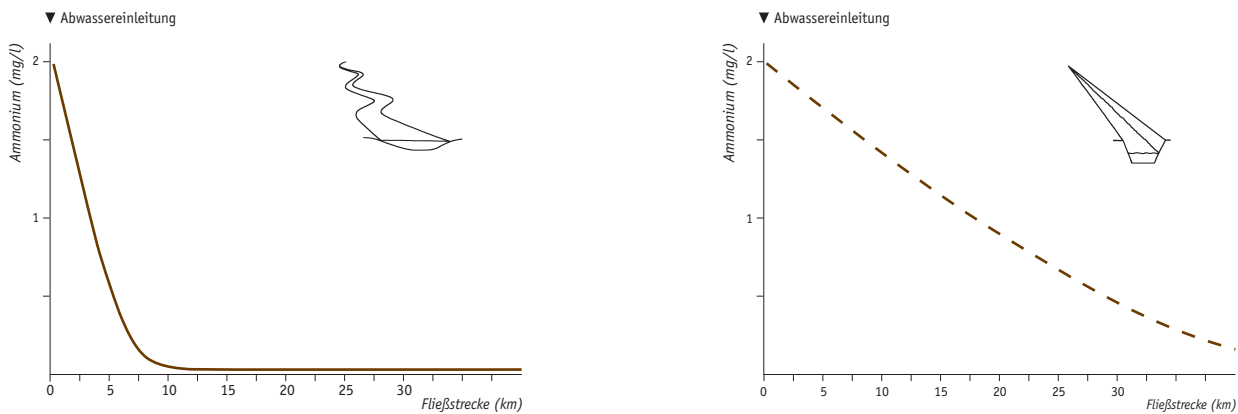
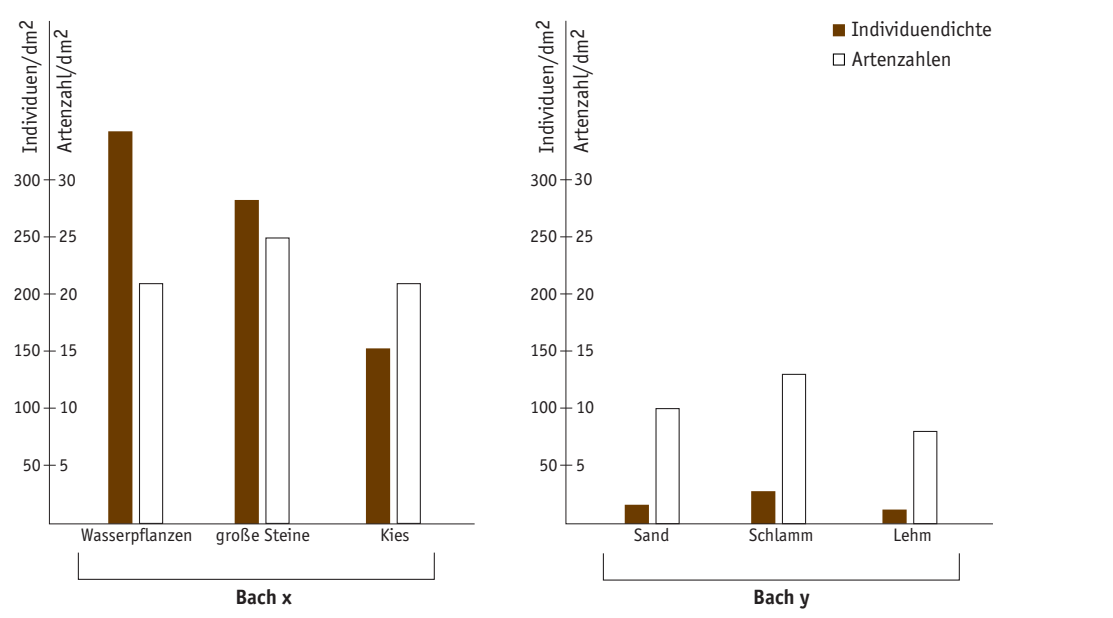


Abb. 5-10 Abnahme von Ammonium nach einer Abwassereinleitung in einem naturnahen und einem begradigten Bach (nach BORCHARDT und WOLF 1993)

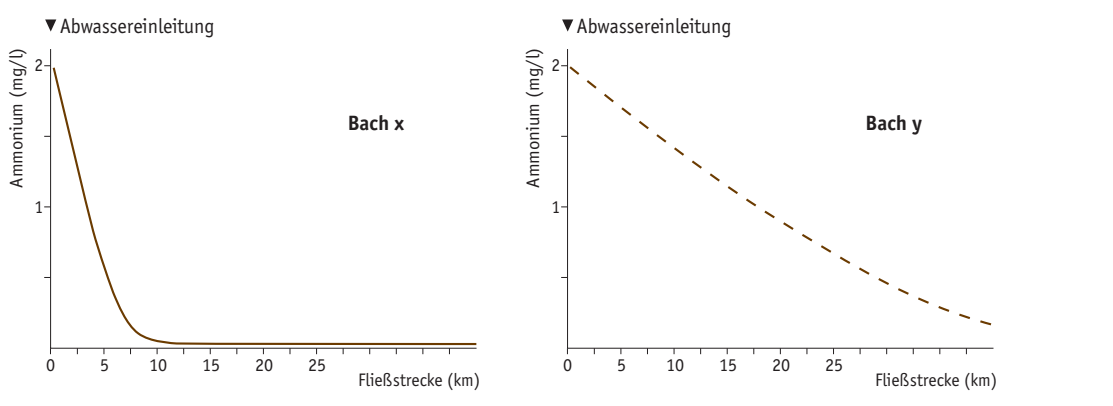
© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



# Ökologische Auswirkungen des Gewässerausbaus



Substrate, Individuendichte und Artenzahlen in zwei unterschiedlichen Bächen



Abnahme von Ammonium nach einer Abwassereinleitung in zwei unterschiedlichen Bächen (1993)

Aufgaben

1. Wie sieht Bach x, wie sieht Bach y aus? Zeichnen Sie einen Querschnitt.
2. Welches sind die Untersuchungsergebnisse eines naturnahen, welches die eines ausgebauten und begradigten Baches?
3. Beschreiben und erklären Sie die Folgen des Gewässerausbaus
  - a) für die Beschaffenheit der Gewässersohle
  - b) für die Lebensgemeinschaften (Artenzahlen und Individuendichten)
  - c) für die Selbstreinigung nach einer Abwassereinleitung



## Gewässerausbau

### Ökologische Veränderungen durch Stauhaltungen



M 5.5.1 ◀  
M 5.5.2 ◀

#### Zielgruppe

Sek. II

#### Fachbezug

Biologie

#### Ziele

- Zusammenhang von Ernährungsweise und Lebensraum erkennen
- über die Ernährungstypen die Lebensbedingungen (abiotische Faktoren) gestauter Fließgewässer und ungestauter Fließgewässer vergleichen
- ökologische Auswirkungen von Stauhaltungen beschreiben und diskutieren

#### Vorbereitung

Ernährungstypen; Zonierung eines Fließgewässers ▶ M 2.5

#### Aufgaben und Vertiefungsmöglichkeiten

**X** *Wie verändern sich die Lebensgemeinschaften durch Stauhaltung im Vergleich zum ungestauten Fließgewässer?*

**X** *Wie sind die Veränderungen zu erklären? Berücksichtigen Sie dabei die veränderten Lebensbedingungen (abiotische Faktoren) für die Tiere durch die Stauhaltung.*

Im Oberlauf finden sich noch genau die gleichen Lebensgemeinschaften wie im ungestauten Fließgewässer (Zerkleinerer, Sammler und Filtrierer, Weidegänger, Räuber), hier herrschen noch vergleichbare Lebensbedingungen (vielfältiges Substrat, Laub, Strömung). Vor der Stauhaltung stellt sich dann eine Biozönose ein, wie sie natürlicherweise erst in Flussunterläufen vorkommt. Dies weist auf stark veränderte Lebensbedingungen hin. Es finden sich ausschließlich schlammbewohnende Sedimentfresser und Filtrierer sowie wenige Räuber. Dies weist auf eine feinsedimentreiche Verschlammungszone hin. Durch die Stauhaltung verändern sich die Strömung, die Substratverhältnisse und damit die Lebensbedingungen drastisch. Unterhalb der Stauhaltung findet sich dann eine Misch-Biozönose, in der alle Ernährungstypen vertreten sind und wie sie unter natürlichen Bedingungen für Seenausflüsse charakteristisch ist. Sedimentfresser und Filtrierer sind zugunsten von Zerkleinerern und Weidegängern zurückgegangen. Dies weist auf größere Substrate wie Kies hin. (Weidegänger ernähren sich von Algenbewuchs auf Steinen), an den Steinen können sich Blätter von

der Ufervegetation ablageren (▶ ZERKLEINERER). Es herrscht wieder stärkere Strömung. Im weiteren Verlauf stellt sich allmählich wieder eine für den Mittellauf charakteristische Biozönose ein. Zerkleinerer werden weniger, Weidegänger werden mehr. Allerdings ist das Artenspektrum etwas verändert.

**X** *Wie würden die Biozönosen im weiteren Verlauf aussehen?*  
Eine Wiederholung der beschriebenen Biozönosen wäre bei weiteren Stauhaltungen denkbar. Je dichter jedoch die Staufstufen oder andere menschliche Eingriffe hintereinander liegen, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich nicht wieder eine potenziell natürliche Biozönose einstellt. Dies wurde durch Untersuchungen z.B. an der Vils (Bayern) bestätigt (DVWK 1996), wo für eine ökologische Bewertung die tatsächlich vorhandenen Ernährungstypen verschiedener Gewässerabschnitte mit denen der potenziell natürlichen Biozönosen verglichen wurden.

**X** *Warum wurden viele Fließgewässer mit Staufstufen versehen?*

- Drosselung der Fließgeschwindigkeit nach Begradigung
- Gefälleausgleich
- Wasserkraftnutzung
- Schifffahrt

**X** *Welche Konsequenzen haben Stauhaltungen für wandernde Fischarten wie Lachs, Aal oder Forelle?*

**X** *Staufstufen und Wehre werden auch als „Ökologische Barrieren“ bezeichnet. Warum wohl? ▶ SACHINFORMATIONEN*

**X** *Fassen Sie die ökologischen Auswirkungen von Stauhaltungen für die Lebensgemeinschaften (Wirbellose, Fische) und den Stoffhaushalt zusammen.*

- Änderung der abiotischen Faktoren (geringere Strömung, höhere Sedimentation, Zunahme des Feinsedimentes, höhere Temperatur, veränderter Sauerstoffhaushalt) führt zu einer veränderten Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften, erkennbar an den veränderten Ernährungstypen der Wirbellosen.
- Verhinderung von Wanderungen von Tieren (Wirbellose und Fische) im Wasser führt zu Isolierung und Verinselung von Lebensgemeinschaften (genetische Isolation!)
- Verlust von Laicharealen für Kieslaicher durch Überdeckung mit Feinsediment und Verstopfung des Kieslückensystems (Interstitial)
- Höhere Temperatur führt zu verringertem physikalischen Sauerstoffeintrag, bei gleichzeitig erhöhtem Sauerstoffbedarf durch erhöhten Umsatz und höheren Schwebstoffgehalt.  
▶ EUTROPHIERUNGSGEFAHR durch veränderten Stoffhaushalt.

#### Ergänzungsmaterial

▶ M 2.5 ZONIERUNG EINES FLIESSGEWÄSSERS IM LÄNGSVERLAUF

#### Literatur

BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1996): *Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna*. München.

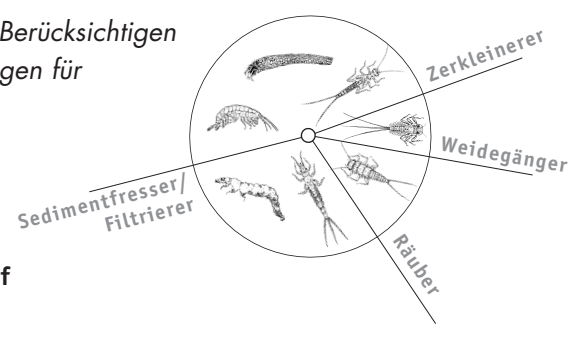
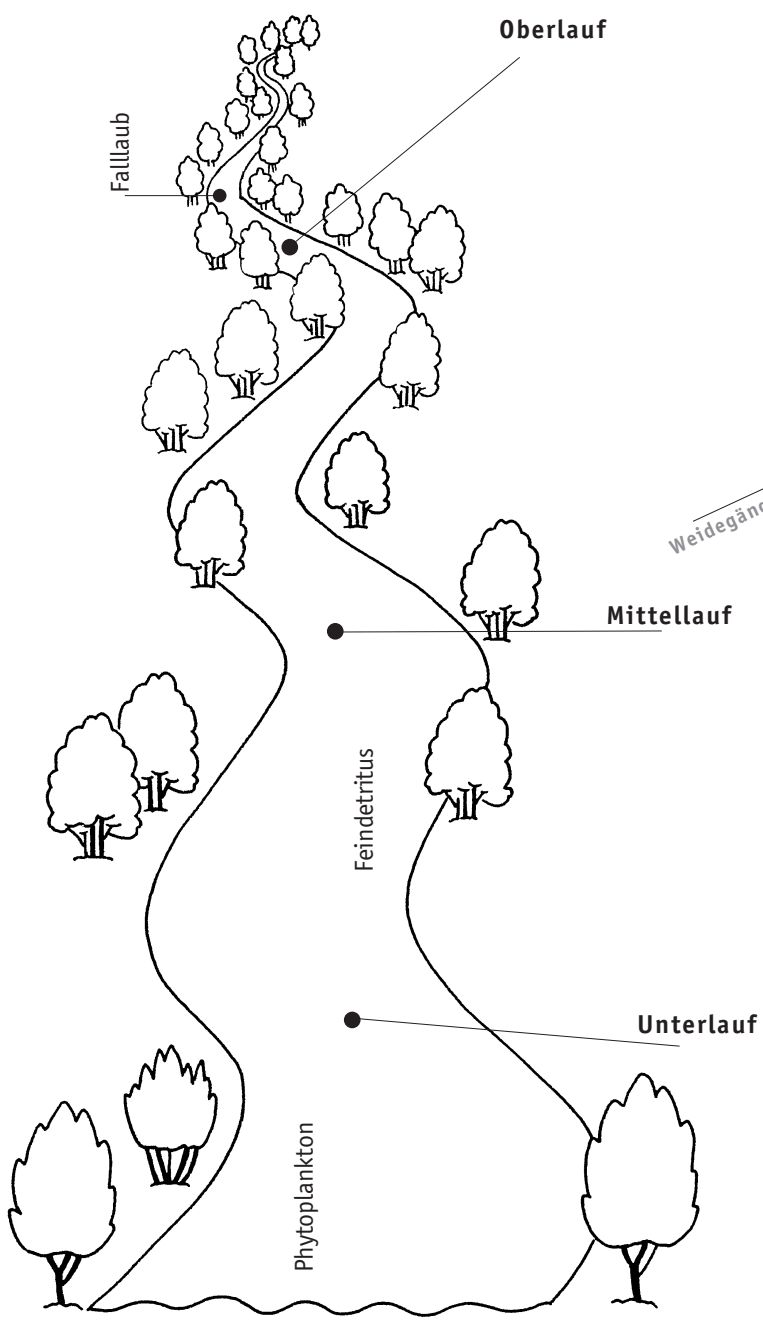
DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK) (1996): *Fluß und Landschaft – Ökologische Entwicklungskonzepte*. Merkblatt 240/1996. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser. Bonn.



# Ökologische Veränderungen durch Stauhaltungen

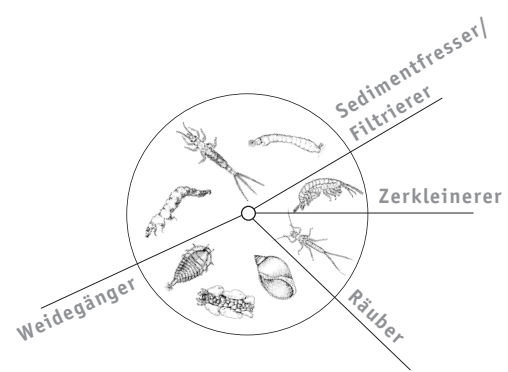
Aufgaben

1. Wie verändern sich die Lebensgemeinschaften durch Stauhaltung im Vergleich zum ungestauten Fließgewässer?
2. Wie sind die Veränderungen zu erklären? Berücksichtigen Sie dabei die veränderten Lebensbedingungen für die Tiere durch die Stauhaltung.

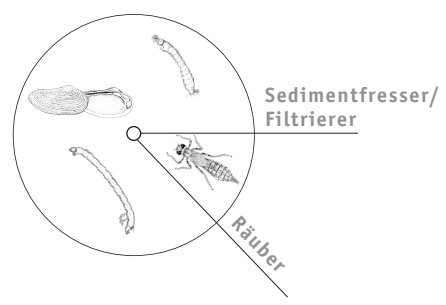


Typische Tiergruppen

- Gammarus (Bachflohkrebs)
- Sericostoma (Köcherfliegenlarve)
- Nemoura (Steinfliegenlarve)
- Ecdyonurus (Eintagsfliegenlarve)
- Dinocras (Steinfliegenlarve)
- Ephemera (Eintagsfliegenlarve)
- Hydropsyche (Köcherfliegenlarve)



- Hydropsyche (Köcherfliegenlarve)
- Ephemera (Eintagsfliegenlarve)
- Simulium (Kriebelmückenlarve)
- Gammarus (Bachflohkrebs)
- Perla (Steinfliege)
- Radix (Schlamm Schnecke)
- Silo (Köcherfliegenlarve)
- Elmis (Hakenkäfer)



- Chironomus (Zuckmückenlarve)
- Unio (Flussmuschel)
- Simulium (Kriebelmückenlarve)
- Groß-Libellenlarve

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



# Ökologische Veränderungen durch Stauhaltungen

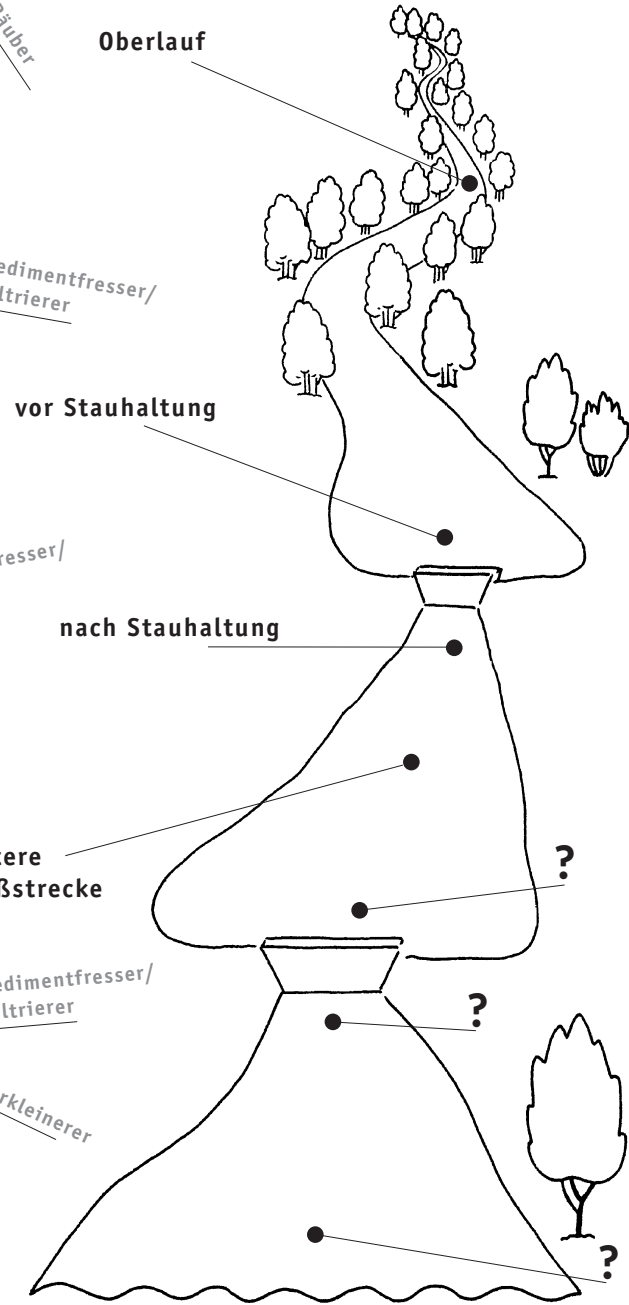
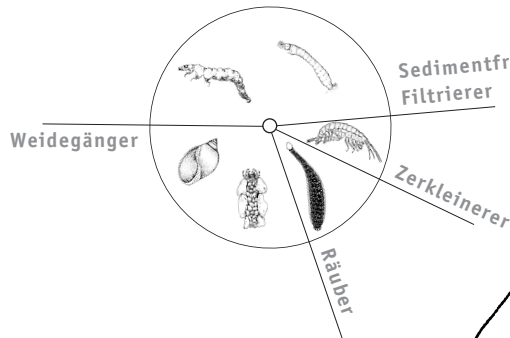
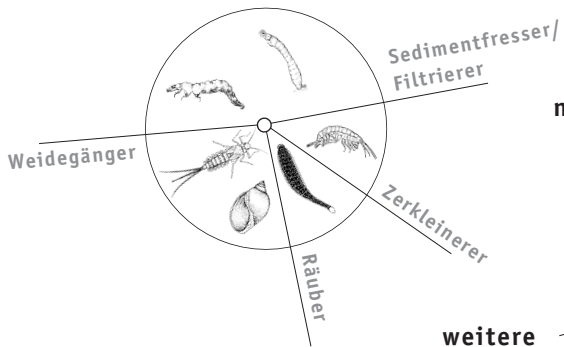
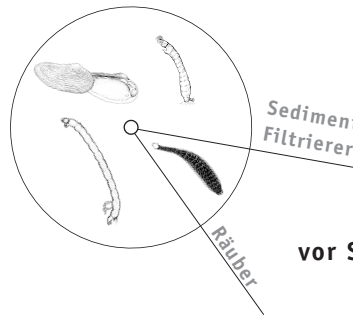
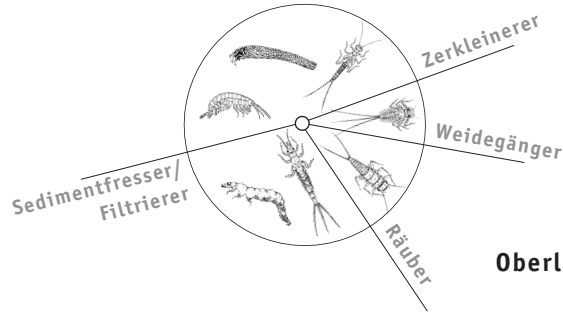
## Typische Tiergruppen

- Gammarus (Bachflohkrebs)
- Sericostoma (Köcherfliegenlarve)
- Nemoura (Steinfliegenlarve)
- Ecdyonurus (Eintagsfliegenlarve)
- Dinocras (Steinfliegenlarve)
- Ephemera (Eintagsfliegenlarve)
- Hydropsyche (Köcherfliegenlarve)

- Chironomus (Zuckmückenlarve)
- Unio (Flussmuschel)
- Simulium (Kriebelmückenlarve)
- Erpobdella (Rollegel)

- Hydropsyche (Köcherfliegenlarve)
- Simulium (Kriebelmückenlarve)
- Gammarus (Bachflohkrebs)
- Erpobdella (Rollegel)
- Radix (Schlammschnecke)
- Baetis (Eintagsfliegenlarve)

- Hydropsyche (Köcherfliegenlarve)
- Simulium (Kriebelmückenlarve)
- Gammarus (Bachflohkrebs)
- Erpobdella (Rollegel)
- Silo (Köcherfliegenlarve)
- Radix (Schlammschnecke)



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 110											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
6.1 Woher bekommt der Fluss das Wasser?	▶ 116	-	●	●	-	-	●	-	●	-	-	-
6.2 Gewässerschutzdetektive unterwegs – Was fließt in den Bach?	▶ 118	-	●	●	●	●	●	●	●	-	-	-
6.3 Problem Eutrophierung – Gefährdungsfaktor Landwirtschaft	▶ 120	-	-	●	-	-	●	●	●	●	-	-
6.4 Jedes Einzugsgebiet ist anders – Neue Ideen von der EU	▶ 122	-	-	●	-	-	●	-	●	●	-	-



## Gewässerbelastungen - Ursachen und Folgen

Das Wasser der Fließgewässer ist Teil des Wasserkreislaufs. Während ihrer gesamten Fließstrecke nehmen Bäche und Flüsse Wasser einschließlich der darin enthaltenen Stoffe aus dem Einzugsgebiet auf. Sie sind in diesem Sinne Drainagen der Landschaft. Die enge Verknüpfung und Abhängigkeit vom Einzugsgebiet ist ein besonderes Merkmal von Bächen und Flüssen. Die Herkunft und stoffliche Zusammensetzung des Wassers wird zum einen bestimmt von den Bedingungen im Einzugsgebiet (Geologie, Geographie, Klima, Besiedlung und Flächenversiegelung), zum anderen von der Umsetzung natürlich eingetragener organischer Stoffe (z.B. über die Ufervegetation). In der Naturlandschaft werden Fließgewässer im Wesentlichen aus Quell-, Grund- und Niederschlagswasser gespeist, das zum größten Teil zeitverzögert über den Oberflächenabfluss in die Gewässer gelangt.

Zu Gewässerbelastungen kommt es, wenn durch den Einfluss des Menschen das Wasser in seiner chemischen und physikalischen Beschaffenheit verändert wird. Dies kann auf sehr unterschiedliche Weise geschehen.

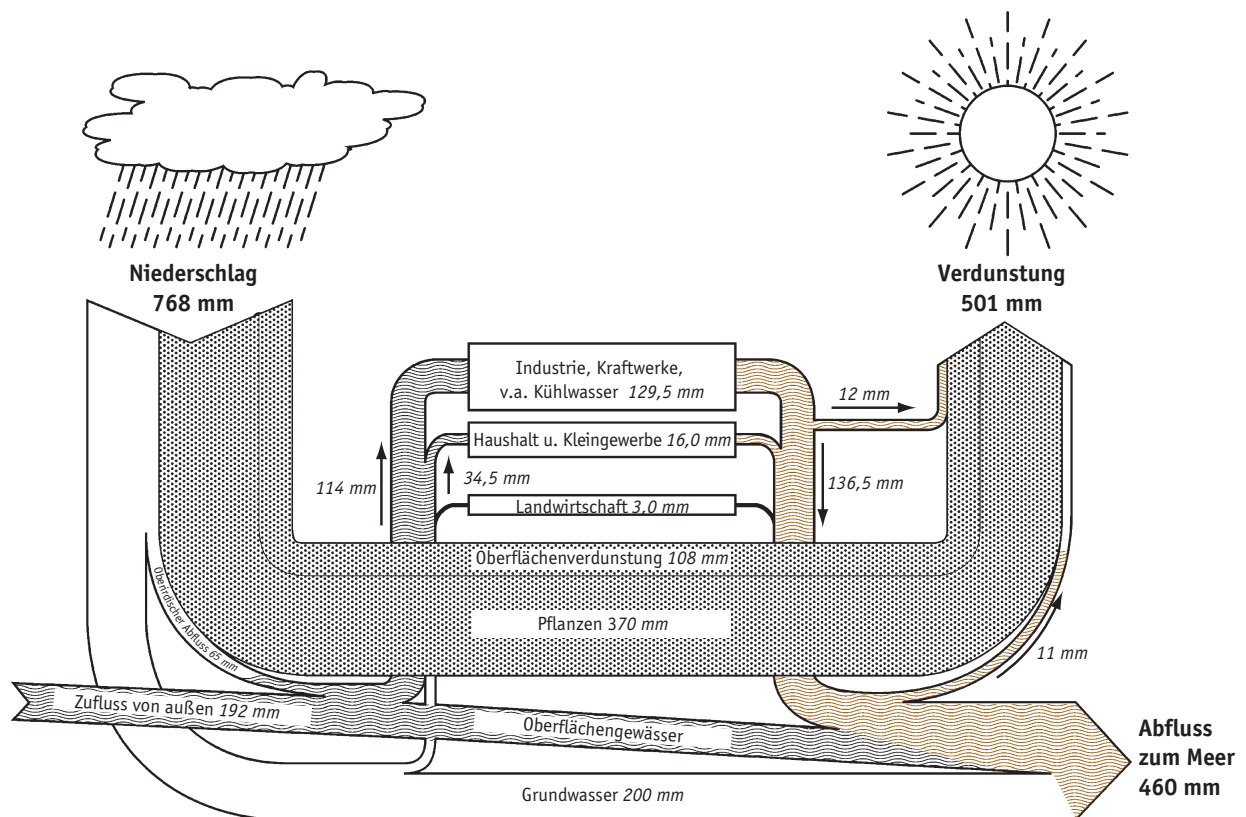


Abb. 6-1 Wasserbilanz von Deutschland. Alles vom Menschen genutzte Wasser ist Teil des natürlichen Wasserkreislaufes (nach LIEBSCHER 1994)

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen



### Herkunft von Gewässerbelastungen Punktueller und diffuse Einträge

Je nach Eintragsweg unterscheidet man punktuelle und diffuse Einträge. Punktuelle Einträge kommen aus der Siedlungsentwässerung (kommunale und industrielle Kläranlagen, Kanalisationseinleitungen). Sie sind in ihrer Menge und Zusammensetzung gut zu erfassen.

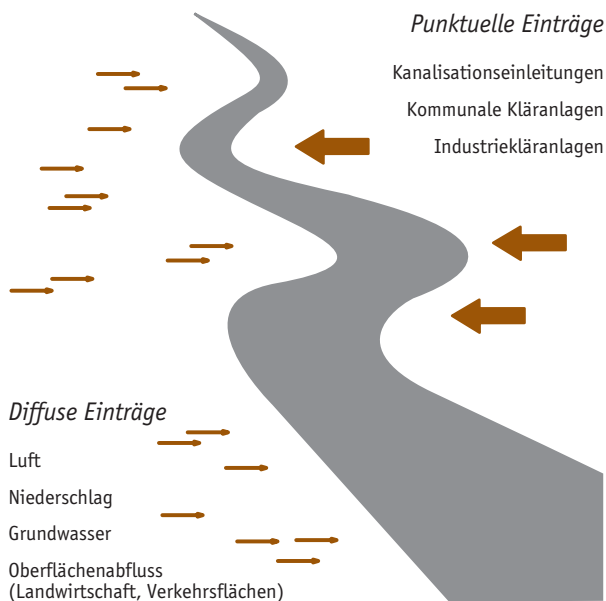


Abb. 6-2 Herkunft von Gewässerbelastungen

Die diffusen Einträge gelangen zum einen durch Abschwemmungen aus der Fläche des Einzugsgebietes in die Gewässer und sind deshalb stark von der Flächennutzung und dem Anteil der Versiegelung abhängig. Zum anderen werden über das Grundwasser, die Niederschläge und die Luft umweltbelastende Stoffe aus praktisch allen Bereichen in die Gewässer verlagert, so dass diffuse Einträge wesentlich schwieriger als die punktuellen Einträge zu kontrollieren sind und zu ihrer Verminderung Maßnahmen erforderlich sind, die eine Kooperation aller Umweltschutzdisziplinen erfordern (Gewässer-, Luft- und Bodenschutz).

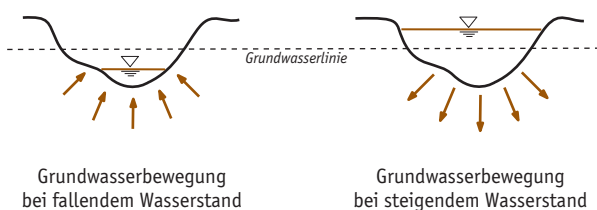


Abb. 6-3 Fließgewässer stehen in engem Kontakt mit dem Grundwasser. Auf diesem Weg wird ein Teil der diffusen Belastungen eingetragen.

### Zeitliche Entwicklung der Gewässerbelastung

Zu einem großen Problem entwickelte sich die Gewässerbelastung seit Ende des 19. Jahrhunderts im Zuge des Bevölkerungswachstums und der expandierenden Industrie. Abwässer mit immensen Frachten organischer, sauerstoffzehrender Stoffe aus Haushalten und Fabriken überforderten die natürliche Selbstreinigung (MAUCH 1998) und ließen viele Gewässer zu stinkenden Kloaken werden.

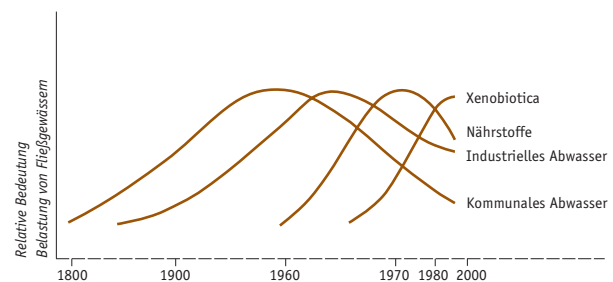


Abb. 6-4 Die zeitliche Entwicklung der Belastung von Fließgewässern in logarithmischer Darstellung (aus: BORCHARDT 1998).

Auch aus der Industrie kamen zunächst vor allem organische Belastungen (Papier- und Zuckerfabriken, Brauereien, Gerbereien) außerdem Schwermetalle (Metallindustrie). An manchen Orten erreichte die Gewässerverschmutzung Ausmaße, wie sie heute kaum noch vorstellbar sind, aber auch Zeitgenossen Grund zur Empörung bot:

„Die Wupper hat bereits vieles leiden müssen, ehe sie nach Barmen hineinkommt, aber die Menge reinen Wassers, das von den Hügeln strömt, ist so groß, dass sie dort immer noch ganz klar ist. Dann verdunkelt sich ihre Farbe jedoch nach jedem Werke, an dem sie vorbeifließt, und wenn sie Elberfeld erreicht, ist sie fast schwarz. Trotzdem fließt immer weiter Schmutz in sie hinein. Jede Fabrik trägt ihren Anteil dazu bei. Zur Abwechslung bringen Drainröhren das Wasser aus der Stadt, das mit dem Schmutz der Haushaltungen vermischt ist. Undurchsichtig, schleimig, schwarz wie Tinte und mit einem häßlichen Schaum bedeckt verläßt der Fluß die Stadt...Er ist dickflüssig von Schmutz, und die Ufer sind mit einer Ablagerung schwarzen, stinkenden Schlammes bedeckt. Wir verstehen uns in England gewiß auf das Verunreinigen von Flüssen, aber so etwas wie die Wupper haben wir denn doch nicht. Die Wupper ist der mißbrauchteste und scheußlichste Fluß der Welt...“ (aus einem Artikel der Londoner Times Ende 19. Jhd.; zitiert nach ARNOLD 1988).

Die Einleitung ungereinigter Abwässer aus Haushalten und Industrie ist durch strenge gesetzliche Vorschriften und verbesserte Abwasserreinigungstechniken in den letzten Jahrzehnten stark zurückgegangen und ein großer Erfolg in der Geschichte des Gewässerschutzes.



## Gewässerbelastungen - Ursachen und Folgen

Ein weiteres gutes Beispiel für die Wirksamkeit gesetzlicher Verordnungen für den Gewässerschutz ist der Rückgang des Pflanzennährstoffes Phosphat, der für die ► EUTROPHIERUNG der Gewässer verantwortlich ist. 1975 wurde für die Produktion von Waschmitteln noch **69.000 t** Phosphor verwendet. Seit 1982 wurden die Waschmittelhersteller gesetzlich zur schrittweisen Reduzierung des P-Gehaltes in Waschmitteln verpflichtet. Dies führte zur Entwicklung phosphatfreier Waschmittel, die seit etwa 1986 flächendeckend auf dem Markt sind. Seit 1995 finden sich praktisch keine Phosphate mehr aus Wasch- und Reinigungsmitteln in den Gewässern. Entsprechend ist die Phosphat-Belastung seit 1975 um über 60% zurückgegangen. (► ABB. 6-6)

Insgesamt ist die Nährstoffbelastung vieler Fließgewässer jedoch immer noch zu hoch. In einigen Gebieten werden Größenordnungen erreicht, die bis zur Mitte dieses Jahrhunderts als Düngergaben auf landwirtschaftlichen Flächen üblich waren.

Ungelöst ist auch das Problem der Gewässerbelastung mit einer unüberschaubaren Zahl nicht oder nur schwer abbaubarer synthetischer Stoffe (► XENOBIOTICA), die in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts mit der Expandierung der chemischen Industrie einsetzte. Eine Vielzahl umwelt- und wassergefährdender Stoffe sind heute überall nachweisbar – auch im Wasserkreislauf. Die wenigsten können bei Routinegewässeruntersuchungen miterfasst werden. Die ökologischen Auswirkungen vieler Xenobiotica sind u.a. wegen unbekannter synergistischer Wirkungen schwer abschätzbar.



Foto: D. Borchardt

Abb. 6-5 Übermäßiges Algenwachstum in Fließgewässern entsteht durch hohes Nährstoffangebot und ist ein sicheres Zeichen für Eutrophierung.

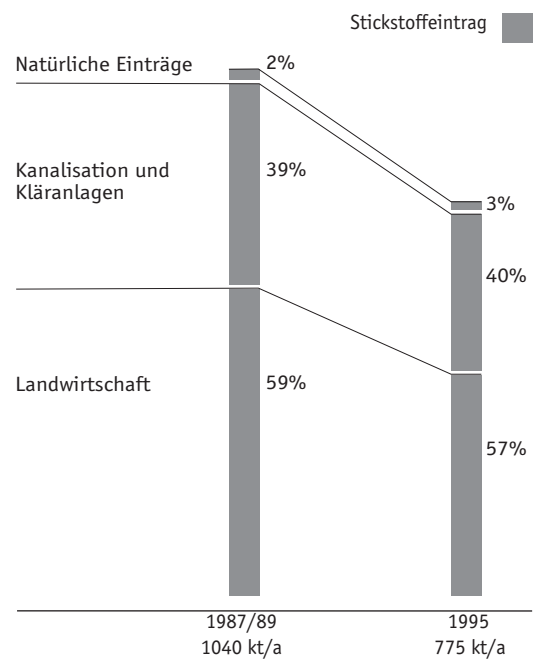
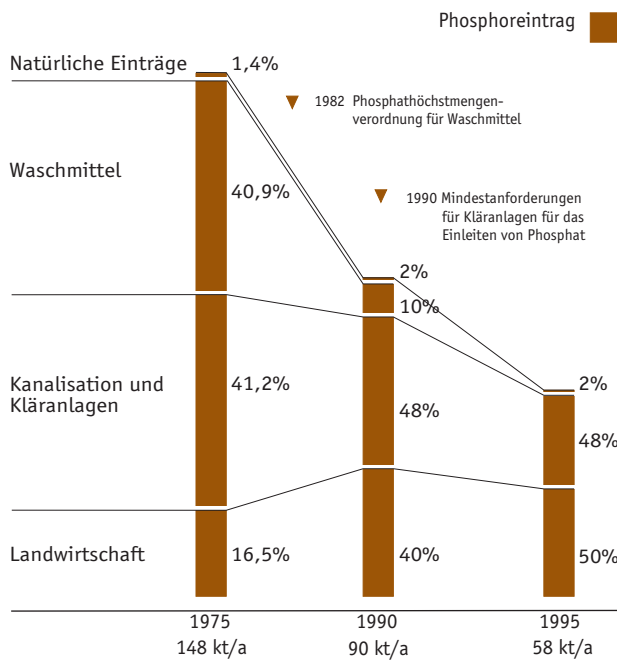


Abb. 6-6 Zeitliche Entwicklung der Nährstoffe von Fließgewässern. Insgesamt gesehen konnten die Nährstoffe durch verbesserte Abwasserreinigung reduziert werden. Besonders wirkungsvoll war der Einsatz von Phosphatersatzstoffen in Waschmitteln. Unverändert hoch und damit relativ gestiegen ist der Anteil der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft (nach HAMM 1989 und MOHAUPT 1997).

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen



Stoffe	Hauptsächlicher Eintragsweg	Auswirkungen im Gewässer	Aktuelle Bedeutung
<b>Nährstoffe</b>	Landwirtschaft	Eutrophierung NH <sub>3</sub> und NO <sub>2</sub> toxisch	Große Bedeutung, vor allem in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft
Phosphor (PO <sub>4</sub> )	Kommunale Kläranlagen ohne weitergehende Nährstoffeliminierung		
Stickstoff (N)	Kanalisationseinleitungen  Stickstoff über Grundwasser und Luft		
<b>Industriechemikalien u.a. Xenobiotica</b>	Diffus (Wasserkreislauf) und punktuell (Industrie)  Aus Landwirtschaft v.a. Pestizide	Toxisch, Veränderung der Lebensgemeinschaften	Große Bedeutung
<b>Grobstoffe Schlamm</b>	Kanalisationseinleitungen  Landwirtschaft: Oberflächenabfluss, Drainagen	Veränderung der Sedimente Verschlammung der Sohle	Lokal, bei Starkregen und intensiver Landwirtschaft
<b>Leicht abbaubare organische Kohlenstoffverbindungen</b>	Kanalisationseinleitungen	Saprobie fördernd (Sauerstoffzehrung)	Lokal bei Starkregen, sonst nur noch in Gebieten mit unzureichender Abwasserreinigung
<b>Salze</b>	Diffus  Punktuell (Industrie)	Versalzung, Veränderung der Lebensgemeinschaften	Regional (z.B. Werragebiet)
<b>Schwermetalle</b>	Punktuell (Industrie) Oberflächenabfluss  Remobilisierung aus Sedimenten	Toxisch; Veränderung der Lebensgemeinschaften	Regional
<b>Bakterien, Viren</b>	Kommunale Kläranlagen  Kanalisationseinleitungen	Pathogen bei Trink- und Badwassernutzung	Abhängig von der Nutzung (in Fließgewässern wird i.d.R. nicht gebadet)

Abb. 6-7 Herkunft, Auswirkungen und aktuelle Bedeutung der wichtigsten gewässerbelastenden Stoffe (nach BORCHARDT et al. 1999).

### Gewässerbelastung durch Landwirtschaft

Die Landwirtschaft belastet Gewässer vor allem durch zwei Stoffgruppen: durch Pestizide (Pflanzenschutzmittel) und Nährstoffe. Die Pestizide gehören als synthetische Stoffe zu den Xenobiotica. Sie sind vor allem wegen ihrer toxischen Wirkungen auf die Gewässerbiozöten gefährlich. In der Hauptsache werden Pestizide diffus eingetragen. Durch starke Regenfälle kurz nach dem Ausbringen auf die Ackerflächen können bis zu 20% der Anwendungsmenge im Gewässer landen (MOHAUPT 1997). Außerdem geraten Pestizide in die Kanalisation, wenn nach der Anwendung Geräte gesäubert und Pestizidreste „entsorgt“ werden. Die ländlichen Kläranlagen sind auf diese Belastungen nicht ausgerichtet. An der Pestizidbelastung der Gewässer im Jahreslauf lässt sich das landwirtschaftliche Wirtschaften recht genau „ablesen“.

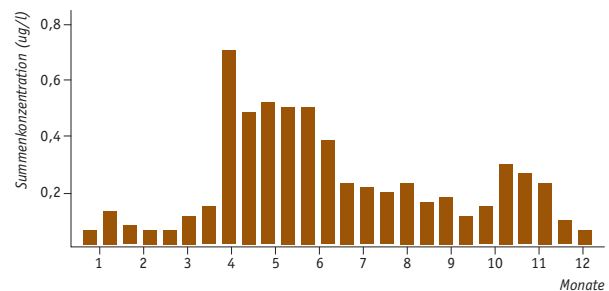


Abb. 6-8 Pestizidbelastungen im Main bei Niederrad von Januar bis Dezember 1994 (aus FREDE et al. 1998 verändert)





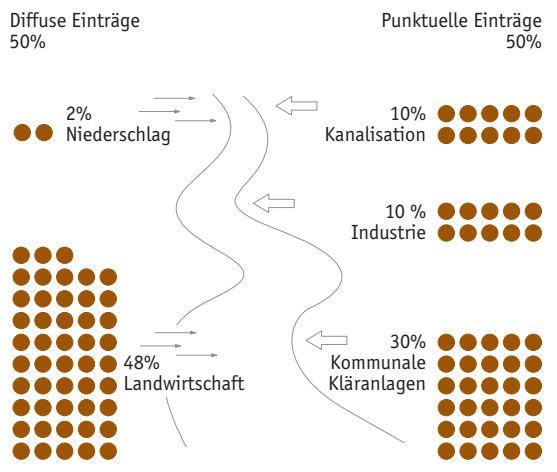
## Gewässerbelastungen - Ursachen und Folgen

Nährstoffe werden in Form von Mineral- oder organischem Dünger (Gülle, Mist) zur Produktion von Kulturpflanzen auf die landwirtschaftlichen Flächen gebracht. Werden mehr Nährstoffe aufgebracht, als die Pflanzen aufnehmen können, entsteht ein gewässergefährdender Nährstoffüberschuss, der Ursache für die Eutrophierung vieler Fließgewässer ist. Für Binnengewässer ist Phosphor als limitierender Faktor für das Pflanzenwachstum entscheidend. Im Meer, wo Phosphor im Gegensatz zum Stickstoff natürlicherweise in größeren Mengen vorhanden ist, wird das Algenwachstum und damit die Eutrophierung durch Stickstoff limitiert. Weil letztlich jedoch auch die Stickstofffrachten der Fließgewässer im Meer landen, sollte Stickstoff möglichst gar nicht erst in die Gewässer gelangen. ► KAP. 3 SACHINFORMATIONEN)

Dies ist auch die Begründung für die hohen gesetzlichen Auflagen der (größeren) Kläranlagen an die Nährstoffeliminierung. Die Landwirtschaft ist bisher von vergleichbaren Vorschriften zur wirksamen Verminderung des Nährstoffeintrags verschont geblieben.

Dabei stammen nach einer Bilanzierung des Umweltbundesamtes 1998 etwa 57% aller Stickstoff- und 48% aller Phosphor-Einträge in die Fließgewässer Deutschlands aus der Landwirtschaft. Sie werden in erster Linie diffus über Abschwemmungen aus der Fläche, über Drainagen, aber auch indirekt über das Grundwasser und über die Luft eingetragen. Insgesamt kommen 90% aller diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft.

### Phosphoreinträge in Fließgewässer



### Stickstoffeinträge in Fließgewässer

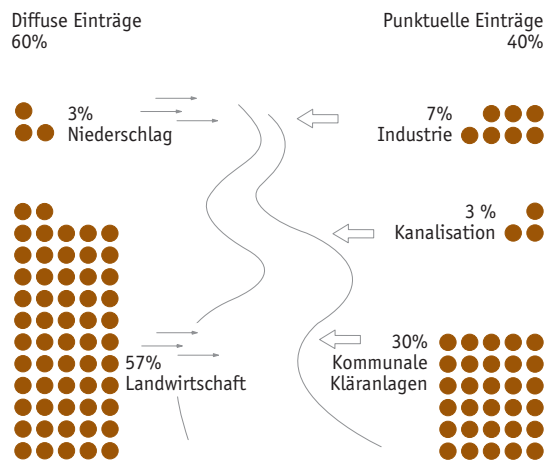


Abb. 6-9 Herkunft der Nährstoffe in oberirdischen Gewässern, Stand 1995 (nach UMWELTBUNDESAMT 1998)

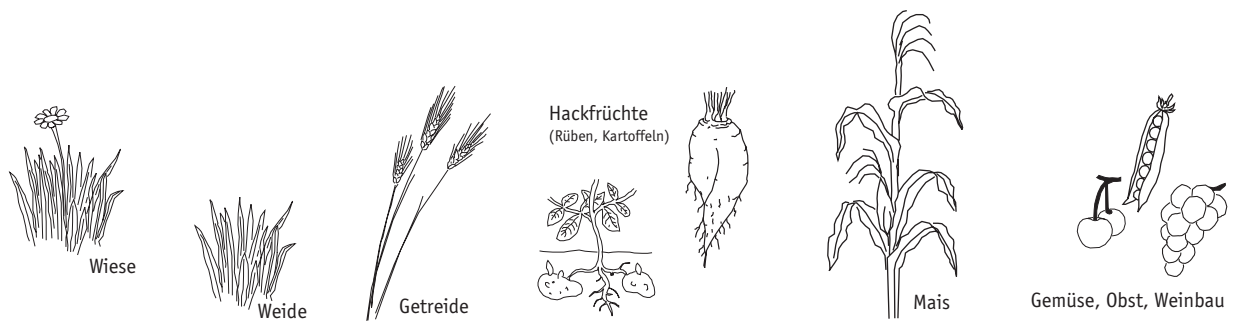


Abb. 6-10

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen



Foto: T. Schmidt

Abb. 6-11 Gewässerbelastung durch eine Drainage.

Für die gesamte Landwirtschaft in Deutschland hat man einen Nährstoffüberschuss von 70 % für Stickstoff und 50 % für Phosphor ermittelt. Er ist natürlich nicht überall gleich. Besonders hohe Nährstoffüberschüsse gibt es in Gebieten mit intensiver Viehhaltung (z.B. Nordwestdeutschland), in denen die Flächen praktisch als Abfalldeponien für die industrielle Tierproduktion benutzt werden. In Gebieten ohne Tierhaltung muss dagegen die Nährstoffversorgung durch Mineraldüngung sichergestellt werden.

Außerdem ist die Gefahr der Nährstoffauswaschung abhängig von der Hangneigung, der Art der Bewirtschaftung (konventioneller oder biologischer Landbau) sowie den angebauten Kulturpflanzen. ► **ABB. 6-10** Durch bedarfsgerechtes, das heißt den spezifischen Bedürfnissen der Pflanzen mengen- und jahreszeitengemäß angepasstes Düngen sowie sachgemäße Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau und betriebliche Kreislaufwirtschaft (Fütterung mit selbst erzeugtem Futter, Düngung nur mit organischen Nährstoffen, die aus der betriebseigenen Tierhaltung stammen) könnte der Nährstoffüberschuss auf 10 bis 20 % verringert werden (FREDE 1998). Dies wäre ein entscheidender Beitrag, um die Gewässer vor Eutrophierung zu schützen.



Foto: T. Schmidt

Abb. 6-12 Gefährdungsfaktor Landwirtschaft: Bodenerosion nach starkem Regen.

Medien:

UMWELTBUNDESAMT: Daten zur Umwelt. [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de).

WENDLAND, H.; ALBERT, H.; BACH, M.; SCHMIDT, R. (1994): Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland. Springer-Verlag. Berlin.

FWU (1993): Trinkwassergefährdung durch die Landwirtschaft. Videokassette Nr. 42 01619. 16 min.

Auch Pestizide in Grund- und Oberflächenwasser können durch bedarfsgerechten Auftrag, besser noch durch gänzlichen Verzicht, wie es biologisch wirtschaftende Betriebe praktizieren, verringert werden. Einen sehr effektiven Beitrag zum Schutz der Gewässer vor diffusen Einträgen bieten Gewässerrandstreifen (► KAP. 7 RENATURIERUNG).

### Ganzheitlicher Gewässerschutz

Weil Gewässerbelastungen je nach Flächennutzung und Besiedlung im Einzugsgebiet sehr unterschiedlicher Herkunft sein können, reicht es zukünftig nicht mehr aus, die Bemühungen des Gewässerschutzes ausschließlich auf die Abwasserreinigung zu konzentrieren. Um Gewässer nachhaltig zu schützen, müssen ganzheitliche, ursachenbezogene Schutzkonzepte entwickelt werden, die jeweils auf die individuellen Gegebenheiten eines Gewässers und seines Einzugsgebietes abgestimmt sind. Dies ist ein wichtiger Ansatz des ganzheitlichen Gewässerschutzes.

Ein wichtiger Schritt in diese Richtung ist die neue EU-Wasserrahmenrichtlinie. Sie verpflichtet die Mitgliedsländer, zukünftig spezifisch für ein Flusseinzugsgebiet (auch über Verwaltungsgrenzen hinweg) sogenannte Flussgebietsmanagementpläne zu erstellen mit dem Ziel eine „gute ökologische Qualität“ der Gewässer zu erreichen. Ganzheitlich bedeutet, dass neben der Wasserqualität auch die Gewässerstruktur, der Wasserhaushalt, die Lebensgemeinschaften und eben das Einzugsgebiet eines Gewässers berücksichtigt werden müssen.

Zur wirksamen Verbesserung der Wasserqualität müssen Herkunft, Menge und die relative Bedeutung gewässerbelastender Stoffe in einem Einzugsgebiet bilanziert werden, um dann ursachenbezogen die geeigneten Schutzmaßnahmen in die Wege zu leiten. Diese können sowohl die Kläranlagen und Kanalisationseinleitungen, als auch die Landwirtschaft betreffen.

Wenn auch die Bilanzierung der Belastungen für einzelne Flusseinzugsgebiete zunächst sehr aufwendig sein mag und ein großer Organisationsaufwand erforderlich ist, um alle Beteiligten und Verursacher (Behörden der Wasserwirtschaft, Unterhaltungs- und Abwasserverbände, Vertreter von Industrie und Landwirtschaft) an einen Tisch zu bringen, so erhofft man sich doch einen sehr viel effektiveren Gewässerschutz. Zwei Beispiele für eine Nährstoffbilanzierung in einem Flusseinzugsgebiet im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie werden in ► M 6.4 vorgestellt.



► M 6.1

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen

### Woher bekommt der Fluss das Wasser?

#### Zielgruppe

Ab Klasse 7

#### Fachbezug

Biologie, Erdkunde, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- Herkunft des Wassers in einem Fließgewässer nach einer Abbildung zuordnen
- Bedeutung des Einzugsgebietes für den Wasser- und Stoffhaushalt eines Fließgewässers erkennen
- Eintragswege für belastende Stoffe in einem Einzugsgebiet zuordnen können
- Unterschiede von diffusen/punktuellen Einträgen erklären können

#### Allgemeine Hinweise

Das Arbeitsblatt kann in allen Altersgruppen mit jeweils unterschiedlicher Zielsetzung eingesetzt werden.

#### Aufgabenstellung

✗ *Vergleiche die Herkunft des Wassers in der Naturlandschaft und in der Kulturlandschaft.*  
 Lösungen siehe Tabelle unten, Spalte 1.

#### Vertiefungsmöglichkeiten

● **Gewässerbelastung durch diffuse und punktuelle Einträge (Sek. II)**

✗ *Bei Einträgen in das Gewässer unterscheidet man aufgrund des Eintragsweges punktuelle und diffuse Einleitungen. Punktuelle Einleitungen werden gezielt in ein Gewässer geleitet und sie lassen sich klar einem Herkunftsort zuordnen. Bei diffusen Einträgen ist dies nicht der Fall. Sie gelangen weitgehend unkontrolliert in die Bäche und Flüsse. Ordnen Sie die Einträge aus Bild 2 (Kulturlandschaft) nach punktuellen und nach diffusen Einträgen.*

✗ *Welche Verunreinigungen können enthalten sein?*

► ABB. 6-7 und ► SACHINFORMATIONEN

✗ *Welche Möglichkeiten gibt es, den Fluss vor Belastungen zu schützen?*

Lösungen siehe Tabelle unten.

● **Gewässerschutzpolitik (Sek. II)**

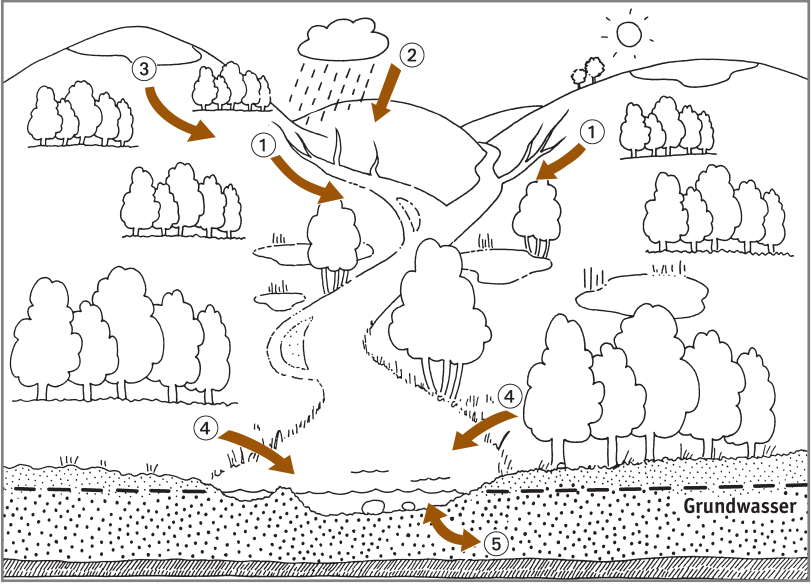
✗ *Bisher werden Gelder für den Gewässerschutz vor allem für die Verbesserung der Abwasserreinigung eingesetzt. Wie beurteilen Sie diese Art der Gewässerschutzpolitik?*

► SACHINFORMATIONEN

	Eintragswege	Verunreinigungen	Rückhaltungsmöglichkeiten
Diffuse Quellen	1 Quellen	Luftschadstoffe, Nährstoffe und Pestizide aus dem Grundwasser	Grundwasserschutz
	2 Niederschlagswasser	Luftschadstoffe	Rückhalt der Luftemissionen von Industrie und Verkehr
	3 Schmelzwasser	Luftschadstoffe	Rückhalt der Luftemissionen von Industrie und Verkehr
	4a Oberflächenabfluss von versiegelten Flächen (Straßen, Plätze)	Reifenabrieb, Treibstoffe, Motorenöl, Sand, Staub, Hundekot, Streusalz, Laub	Regenrückhaltebecken, Regenwasserbehandlung in der Kläranlage
	4b Oberflächenabfluss von landwirtschaftlichen Flächen (Äcker, Wiesen)	Nährstoffe, Pestizide, Schlamm	Gewässerrandstreifen, verbesserte Kulturmethoden
	5 Grundwasser (vermindert, wenn Gewässer- sohle versiegelt ist)	Nährstoffe, Pestizide	Bedarfsgerechte Bewirtschaftung
Punktuelle Einträge	6 Abwasser aus Kläranlagen	Abwasser	Verbesserte Abwasserreinigungsverfahren
	7 Kanalisationseinleitungen	Ungereinigtes Abwasser; Inhaltsstoffe wie Oberflächenabfluss, Grobstoffe	Rückhalt des Regenwassers aus der Kanalisation durch Versickerung und Entsigelung
	8 Drainageabfluss	Nährstoffe, Pestizide, Schlamm	Bedarfsgerechte Bewirtschaftung



Woher bekommt der Fluss das Wasser?

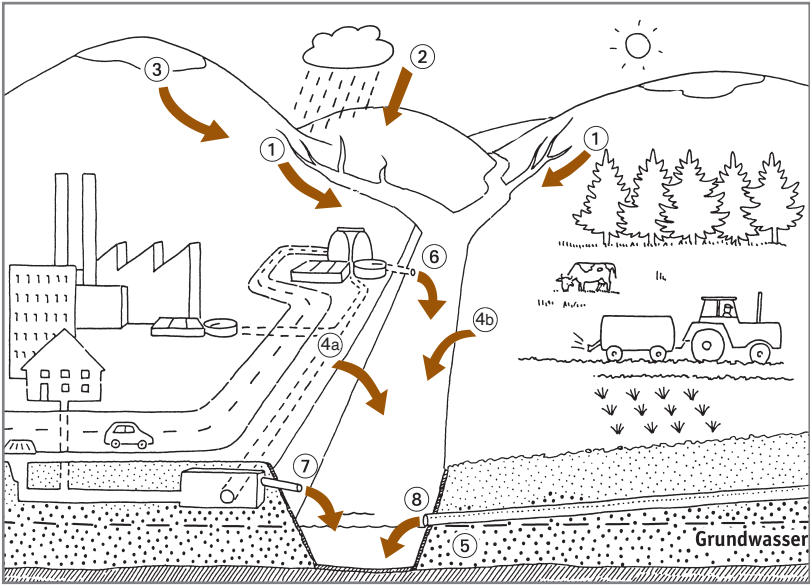


Naturlandschaft

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_

Kulturlandschaft

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4a \_\_\_\_\_
- 4b \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_
- 6 \_\_\_\_\_
- 7 \_\_\_\_\_
- 8 \_\_\_\_\_



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



► M 6.2

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen

### Gewässerschutzdetektive unterwegs – Was fließt alles in den Bach?

#### Zielgruppe

Ab Klasse 7

#### Fachbezug

Biologie, Erdkunde, Lernbereich Naturwissenschaft

#### Ziele

- Einen Bach auf mögliche Belastungsquellen untersuchen

#### Material

- Klemmbrett, Bleistift, Protokollbogen
- Kartenausschnitt (evtl. vergrößert, so dass der Bachabschnitt gut zu erkennen ist).

Vom Hessischen Landesvermessungsamt sind die amtlichen topographischen Karten Hessens als CD-Rom herausgegeben (Bezugsadresse siehe Anhang). Daraus lassen sich bequem gezielte Ausschnitte anfertigen.

#### Vorbereitung

- M 6.1 WOHER BEKOMMT DER FLUSS DAS WASSER?

Um befriedigende Ergebnisse zu bekommen, sollte der zu kartierende Gewässerabschnitt sorgfältig ausgewählt werden (Vorexkursion!). Besonders viele Einleitungen findet man in Ortschaften, in Industriegebieten sowie im Übergangsbereich Ortschaft – Ackerland.

#### Durchführung

In Zweiergruppen gehen die Schülerinnen und Schüler an einem Bachabschnitt entlang und untersuchen ihn auf mögliche Belastungsquellen. Das Arbeitsblatt hilft, Einleitungen und Gefährdungspunkte zuzuordnen.

Punktuelle Einleitungen sind an Rohren zu erkennen, die in das Gewässer münden. Um die Zuordnung zu erleichtern, sollten folgende Dinge beachtet werden:

- Gibt die Umgebung, aus der das Rohr kommt, Hinweise auf die Art der Belastung?
- Sind an der Gewässersohle oder am Ufer Hinweise auf Belastungen zu finden? Nach Kanalisationseinleitungen ist das Sediment häufig verschlammte, bei kurzzeitig zurückliegenden Einleitungen hängen manchmal Papier und andere Toilettenartikel (Binden, Tampons) in der Ufervegetation
- Läuft ständig Wasser aus dem Rohr oder nur in Zusammenhang mit Regenfällen?

Diffuse Einträge sind schwieriger zuzuordnen, können dem Gewässer jedoch erheblichen Schaden zufügen.

#### Vertiefungsmöglichkeiten

✗ Tragt die wichtigsten Einleitungen in das Gewässerlängsprofil (► M 1.6) ein!

✗ Überlegt, wie ihr eure Ergebnisse präsentiert und veröffentlicht (Ausstellung in der Schule, im Rathaus oder anderen öffentlichen Räumen, Meldung an Lokalpresse)! In vielen Fällen lässt sich die Herkunft von Einleitungen nicht genau feststellen, deshalb geht mit euren Kartierungsergebnissen zur Gemeinde/Stadtverwaltung, und fragt nach, ob es ein Verzeichnis von (genehmigten) Einleitungen gibt. Vielleicht macht ihr durch eure Kartierung sogar auf gefährliche Gewässerverschmutzungen aufmerksam, von denen bisher niemand etwas weiß.

#### Ergänzungsmaterial

- M 1.6 EIN BACH UND SEIN EINZUGSGEBIET
- M 6.1 WOHER BEKOMMT DER FLUSS DAS WASSER?



## Gewässerschutzdetektive unterwegs - Was fließt alles in den Bach?

Aufgabe

Gehe an einem durch Einleitungen besonders gefährdeten Bachabschnitt (z.B. in einer Ortschaft, einem Industriegebiet oder in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft) entlang und untersuche, an welchen Stellen gewässerbelastende Stoffe aus Einleitungsrohren oder von Flächen in den Bach fließen könnten.

Kanalisations- und Regenwassereinleitungen lassen sich besonders während oder kurz nach einem stärkeren Regen feststellen (Vorsicht! Nicht in den Bach steigen!). Um diffuse Einträge abschätzen zu können, muss die Umgebung des Baches genauer in Augenschein genommen werden.

Zeichne deine Untersuchungsergebnisse in einen vergrößerten Kartenausschnitt ein, überlege dir passende Symbole für die verschiedenen Einleitungen (z.B. rote Ausrufungszeichen für die punktuellen Einleitungen, Schraffierungen für die diffusen Einträge)!



Bemerkungen

Art der Einleitung

Erkennungsmerkmale

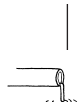
Rohre



Regenwassereinleitung von Dächern oder Grundstücken      Relativ kleine Rohre, die jeweils zu einem Grundstück gehören. Wasser läuft nur, wenn es regnet.



Kanalisationseinleitungen      Relativ große Rohre, häufig mit Klappen oder Gittern versehen, aus denen während und nach Regenfällen stark verschmutztes Wasser herausfließt. (Es handelt sich um Regenwasser, das mit ungereinigtem Abwasser vermischt ist); Kloppapier und andere Toilettenartikel schwimmen mit oder hängen am Ufer.



Kläranlageneinleitungen      Eine Kläranlage ist in der Nähe und es läuft ständig Wasser aus dem Rohr.



Drainagen      Drainagen werden unter Äckern und Wiesen verlegt, damit sich darauf das Wasser nicht staut. Vor allem nach Regenfällen fließt es aus dem Rohr.



Unbekannte Einleitung      Die Herkunft des Rohres und die Art der Einleitung ist nicht zu erkennen.

Sonstige Gefährdungen (Diffuse Einträge)

Ackerflächen      Gefährden das Gewässer, wenn sie nahe an den Bach heranreichen und ein großes Gefälle haben, so dass Düngemittel und Pflanzenschutzmittel in den Bach fließen können. Besonders gefährlich sind Maisacker und Gemüsekulturen.

Straßen      Gefährden das Gewässer, wenn sie viel befahren sind und so dicht am Gewässer liegen, dass Schadstoffe z.B. bei Regenwetter in den Bach fließen können.

Andere      Gibt es sonst noch Stellen, von denen eine Gefährdung des Wassers ausgehen könnte?  
(z.B. wilde Müllkippen, Mist- oder Silagehaufen, Industrieanlagen...)



► M 6.3

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen

### Problem Eutrophierung – Gefährdungsfaktor Landwirtschaft

#### Zielgruppe

Sek. II

#### Fachbezug

Biologie, Chemie, Erdkunde, Gemeinschaftskunde

#### Vorbereitung

Zunächst muss im Unterricht oder über ein Referat das Phänomen Eutrophierung bearbeitet werden, um die ökologische Bedeutung des überhöhten Nährstoffeintrages in Fließgewässer abschätzen zu können und Argumente für die Reduzierung der Nährstoffbelastungen zu sammeln.

#### Durchführung/Aufgabenvorschläge

##### ✗ Welche Auswirkungen haben Nährstoffe in Fließgewässern?

Im Vergleich zu Stillgewässern sind Fließgewässer aufgrund der kürzeren Verweildauer und des höheren physikalischen Sauerstoffeintrages durch Strömung und Turbulenzen weniger eutrophierungsanfällig, zumindest wenn sie nicht gestaut sind. Eutrophierte Fließgewässer sind gekennzeichnet durch die großen Tag-Nacht-Schwankungen des Sauerstoffgehaltes: Nachts entstehen Sauerstoffdefizite, tagsüber erreichen die Sauerstoffwerte kritische Übersättigungen.

Einzelheiten über die ökologischen Auswirkungen der eutrophierungsauslösenden Stoffe Ammonium, Nitrit, Nitrat und Phosphor sowie die Sekundärfolgen im Sauerstoffhaushalt sind in den Erläuterungen zur Gewässergütebewertung (► KAP. 12) und in ► KAP. 3 STOFFHAUSHALT dargestellt.

Für Referate gibt es eine verständliche und gute Darstellung des Problems Eutrophierung im Hessischen Gewässergütebericht 1997 (► HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT 1998). Ausführliche Hintergrundinformationen ► SCHWOERBEL (1999).

##### ✗ Woher stammen die Nährstoffbelastungen in Fließgewässern? Welche Rolle spielt die Landwirtschaft?

Phosphor kommt zu 50 %, Stickstoff zu 60 % aus diffusen Einträgen, diese wiederum stammen zu mehr als 90 % aus der Landwirtschaft. Damit ist die Landwirtschaft für den Löwenanteil der diffusen Nährstoffeinträge verantwortlich. Weiteres ► SACHINFORMATIONEN

✗ Wie hat sich die Nährstoffbelastung seit 1975 bzw. 1987 verändert? In welchen Bereichen konnten die Einträge besonders reduziert werden?

**Phosphat:** Die Phosphatbelastung ist absolut gesehen seit 1975 erheblich zurückgegangen (von mehr als 140 auf ca. 58 kt/a = Kilotonnen pro Jahr). Dies ist ausschließlich auf die Reduzierung der punktuellen Einträge (Einsatz von P-Ersatzstoffen in Wasch- und Reinigungsmitteln, chemische P-Fällung in den Kläranlagen) zurückzuführen, nicht jedoch auf Reduktion der diffusen Einträge aus der Landwirtschaft. Diese haben sich relativ gesehen aufgrund des Rückganges der punktuellen Einträge von 20 % auf 50 % des Gesamteintrages erhöht.

**Stickstoff:** Die Stickstoffbelastung ist seit 1987 auch zurückgegangen (um ca. 20 % oder 200 kt/a), jedoch durch Reduktionen bei allen Verursachern. (Weitergehende Abwasserreinigung bei kommunalen und industriellen Einleitern; weniger Stickstoffdüngung in der Landwirtschaft.)

#### Vertiefungsmöglichkeiten

Durch Ausstattung von Kläranlagen mit Maßnahmen der weitergehenden Abwasserreinigung können Nährstoffe zu mehr als 90% aus dem Abwasser entfernt werden. Dazu sind Milliardeninvestitionen erforderlich.

✗ Wie hoch wäre die Gesamtreduktion der Nährstoffeinträge, wenn die Belastungen aus häuslichen Abwässern um 90% reduziert würden?

✗ Wie sinnvoll sind diese Investitionen in einem Einzugsgebiet mit dünner Besiedlung und vorwiegend landwirtschaftlicher Nutzung?

Investitionen in die Abwasserreinigung wären in diesem Fall wenig sinnvoll. Wenn die Nährstoffeinträge vorwiegend aus der Landwirtschaft stammen, sind im Einzugsgebiet ursachenbezogenen Maßnahmen erforderlich (Gewässerrandstreifen, Vermeidung von Nährstoffüberschüssen durch bedarfsgerechtes Düngen, den geographischen Verhältnissen angepasste Bodenbearbeitung, Zwischenfruchtanbau).

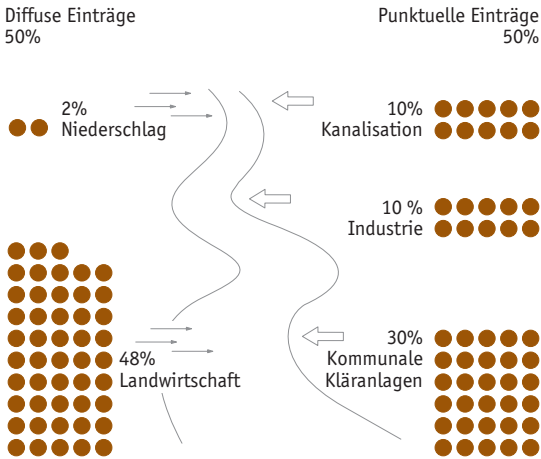
Siehe auch ► SACHINFORMATIONEN sowie M 6.4

✗ Erkundigen Sie sich bei einem biologisch wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieb über Möglichkeiten, Nährstoffe und Pestizide aus Gewässern zurückzuhalten.

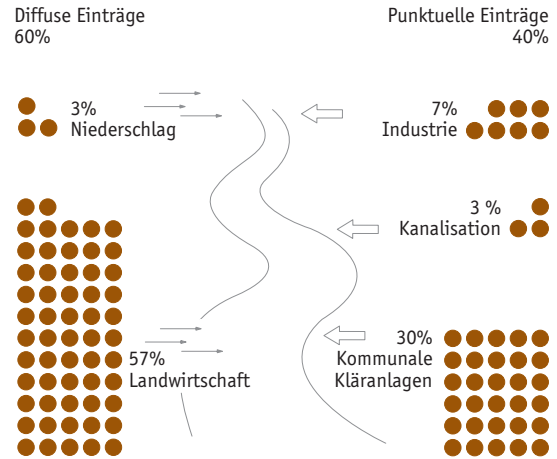


# Problem Eutrophierung – Gefährdungsfaktor Landwirtschaft

## Phosphoreinträge in Fließgewässer

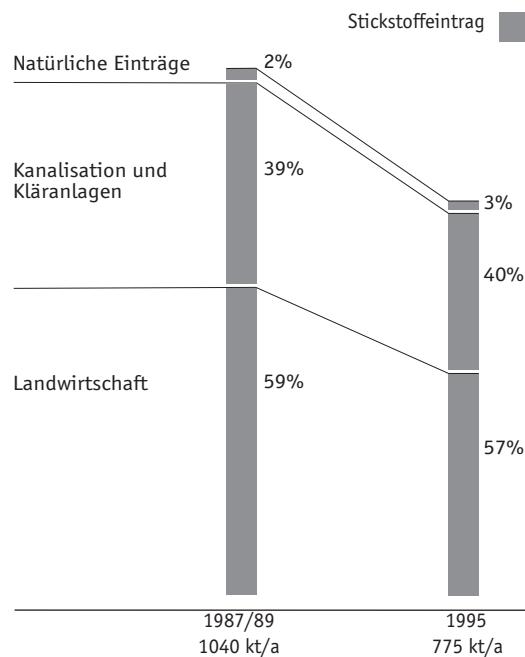
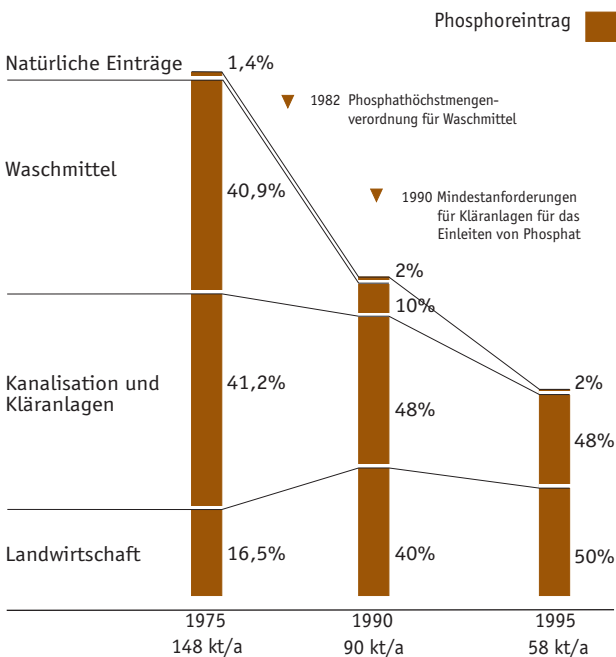


## Stickstoffeinträge in Fließgewässer



Stickstoff und Phosphor sind Pflanzennährstoffe und Ursache für die Eutrophierung der Gewässer. Bei den Binnengewässern ist Phosphor der limitierende Faktor für das Pflanzenwachstum. Im Meer, wo Phosphor im Gegensatz zum Stickstoff natürlicherweise in größeren Mengen vorhanden ist, wird das Algenwachstum und damit die Eutrophierung durch Stickstoff limitiert. Weil letztlich jedoch auch die Stickstoffbelastung der Fließgewässer im Meer landet, muss Stickstoff im Sinne des ganzheitlichen Gewässerschutzes bereits am Herkunftsort reduziert werden.

## Zeitliche Entwicklung



Aufgaben

1. Welche Auswirkungen haben Nährstoffe in Fließgewässern?
2. Woher stammen die Nährstoffbelastungen in Fließgewässern? Welche Rolle spielt die Landwirtschaft?
3. Wie hat sich die Nährstoffbelastung seit 1975 bzw. 1987 verändert? In welchen Bereichen konnten die Einträge besonders reduziert werden?

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz





► M 6.4

## Gewässerbelastungen – Ursachen und Folgen

### Jedes Einzugsgebiet ist anders – Neue Ideen von der EU

#### Zielgruppe

Sek.II

#### Fachbezug

Biologie, Erdkunde

#### Ziele

- erkennen, dass der Nährstoffeintrag im Einzugsgebiet eines Fließgewässers von der Flächennutzung und der Besiedlungsdichte abhängt
- ursachenbezogene Maßnahmen des Gewässerschutzes vorschlagen und begründen können
- erkennen, dass Abwasserreinigung allein für eine wirksame Reduktion von Nährstoffen nicht ausreicht

#### Aufgaben und Vertiefungsmöglichkeiten

✗ *Vergleichen Sie die Herkunft der Stickstoffeinträge in den beiden Einzugsgebieten.*

✗ *Wie würden Sie die Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung und die Besiedlungsdichte in den beiden Einzugsgebieten einschätzen? Nehmen Sie einen Atlas zur Hilfe. Die Wupper liegt in Nordrhein-Westfalen, die Seefelder Aach am Bodensee.*

	Wupper	Seefelder Aach	Deutschland
Einwohner/km <sup>2</sup>	1125	125	230
Landwirtschaftl. Fläche	40%*	60%	54,1%
Wald	30%*	30%	29,4%
Siedlung/Verkehr	25%*	8%	11,8%
Sonstiges	5%*	2%	4,7%

\*geschätzt

✗ *Welchen Erfolg hätte die Ausstattung der Kläranlagen mit Maßnahmen der weitergehenden Abwasserreinigung im Einzugsgebiet der Seefelder Aach und im Einzugsgebiet der Wupper?*

✗ *Welche Maßnahmen zur Stickstoffreduzierung wären im Einzugsgebiet der Wupper, welche im Einzugsgebiet der Seefelder Aach sinnvoll?*

#### Einzugsgebiet Wupper:

Der Stickstoff stammt zu 87 % aus Kläranlagen und Kanalisationseinleitungen und nur zu 13 % aus diffusen Einträgen, dies spricht dafür, dass das Einzugsgebiet landwirtschaftlich nicht intensiv genutzt, dafür aber dicht besiedelt ist.

Durch verbesserte Abwasserreinigung (Nitrifikation/Denitrifikation) könnten die Einträge bereits um mehr als 60 % verringert werden. Außerdem wäre es sinnvoll, die Kanalisationseinleitungen durch Entsiegelung und den Bau von Regenbecken zu verringern.

#### Einzugsgebiet Seefelder Aach:

Der Stickstoff stammt zum allergrößten Teil (89 %) aus diffusen Quellen und damit aus der Landwirtschaft. Dies spricht dafür, dass das Einzugsgebiet vorwiegend landwirtschaftlich genutzt und relativ dünn besiedelt ist.

Maßnahmen zur Nährstoffeliminierung in Kläranlagen hätten nur einen sehr geringen Erfolg. Selbst bei vollständiger Nährstoffeliminierung könnte die Stickstoffbelastung der Seefelder Aach nur um maximal 6 % vermindert werden. Sehr viel sinnvoller wäre es, Maßnahmen zur Verringerung des Stickstoffeintrages durch die Landwirtschaft zu ergreifen (Gewässerrandstreifen, bedarfsgerechte Düngung).

#### Ergänzungsmaterial

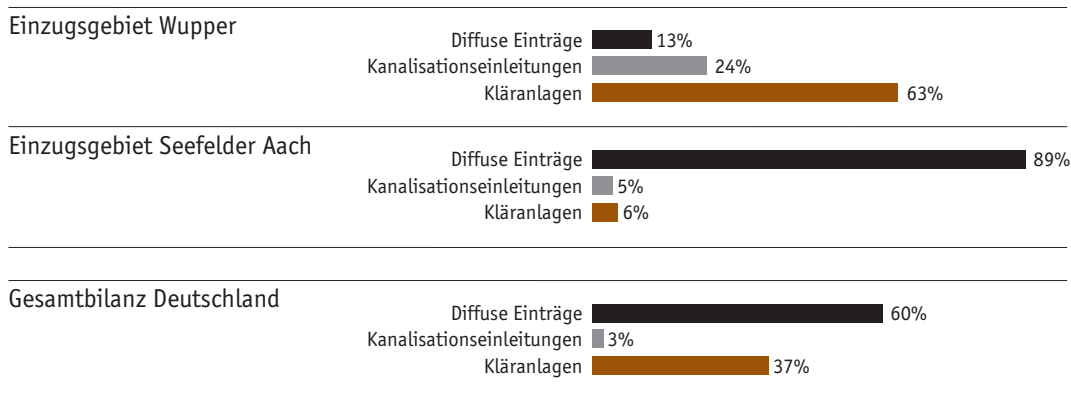
► M 1.6 EIN BACH UND SEIN EINZUGSGEBIET



## Jedes Einzugsgebiet ist anders – Neue Ideen von der EU

Stickstoff ist neben Phosphor der entscheidende Faktor für die Eutrophierung von Fließgewässern. In größeren Mengen gelangt er vor allem als Nitrat, dem Endprodukt des Stickstoff-Stoffwechsels, in die Gewässer. Nitrat ist im Boden sehr mobil und gelangt, wenn es als Dünger aufgebracht und nicht sofort von den Pflanzen aufgenommen wird, indirekt über das Grundwasser oder direkt über den Oberflächenabfluss in die Gewässer. Weil die Nährstoffbelastung je nach Einzugsgebiet sehr unterschiedlich sein kann, sollen nach den Vorgaben der Europäischen Union (EU-Wasserrahmenrichtlinie) zukünftig sogenannte Flussgebietsmanagementpläne erarbeitet werden. Dazu werden zunächst Stoffbilanzen aufgestellt, um festzustellen, welche Mengen von belastenden Stoffen in ein Gewässer eingetragen werden und woher sie kommen. Die Seefelder Aach in Baden-Württemberg und die Wupper in Nordrhein-Westfalen sind Gewässer, für die beispielhaft einzugsgebietsbezogene Stoffbilanzen aufgestellt wurden.

### Herkunft des Stickstoffs in verschiedenen Einzugsgebieten



#### Aufgaben

1. Vergleichen Sie die Herkunft der Nährstoffe in den beiden Einzugsgebieten.
2. Wie würden Sie die Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung und die Besiedlungsdichte in den beiden Einzugsgebieten einschätzen?
3. Welchen Erfolg hätte die Ausstattung der Kläranlagen mit Maßnahmen der weitergehenden Abwasserreinigung im Einzugsgebiet der Wupper und im Einzugsgebiet der Seefelder Aach?
4. Welche Gewässerschutzmaßnahmen zur Stickstoffreduzierung wären im Einzugsgebiet der Wupper, welche im Einzugsgebiet der Seefelder Aach sinnvoll?

## Renaturierung von Fließgewässern



Sachinformationen zum Thema	► 126	Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht	Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Lehrerinformationen und Schülermaterial													
7.1 Zurück zur Natur – Chronik einer Renaturierung	► 130	-	●	●	-	-	●	-	●	-	-	-	-
7.2 Projekt – Einen Bach renaturieren	► 132	-	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-



Eine wichtige Maßnahme des ganzheitlichen, ökosystembezogenen Gewässerschutzes ist die Renaturierung von Fließgewässern. Sie ist nichts anderes als eine Rücknahme der Ausbaumaßnahmen, durch die bis in die 70er Jahre hinein viele Flüsse und Bäche in eintönige, lebensfeindliche Kanäle verwandelt wurden, um Flächen zur landwirtschaftlichen Nutzung, für Siedlungen, Industrieanlagen und Verkehrswege zu gewinnen und diese vor Hochwasser zu sichern. Der Handlungsbedarf ist groß – allein in Hessen sind nach den Ergebnissen der Strukturgütekartierung 1999 fast 80 % der insgesamt 23.000 km langen Bäche und Flüsse in einem renaturierungsbedürftigen Zustand. (► KAP. 10.2 und ► FOLIE 6)

### Zielsetzungen

Renaturierungsmaßnahmen haben das Ziel, einen Fluss oder Bach wieder in einen weitgehend naturnahen Zustand zurückzuführen und so wieder zu einem funktionsfähigen Ökosystem zu machen. Dies bedeutet:

- Wiederherstellung der strukturellen Vielfalt im Gewässer
- Anbindung des Gewässers an die Aue
- Wiederherstellung der natürlichen Dynamik
- Belebung des Landschaftsbildes
- Wiederherstellung der Lebensraumvielfalt

So einleuchtend und gut begründbar Renaturierungsvorhaben sind, so schwierig ist im Detail die Umsetzung. Denn gerade in den dicht besiedelten Flussauen sind Interessenskonflikte unvermeidbar und die entstehen spätestens dann, wenn für die Renaturierung Flächen gebraucht werden und Siedlungen und Verkehrswege betroffen sind. Doch es findet ein Umdenken statt und viele Gemeinden, Naturschutzverbände und Bachpatenschaften setzen sich für Renaturierungsmaßnahmen ein. Dabei werden sie vom Land Hessen aus verschiedenen Förderprogrammen finanziell unterstützt. Wichtiges Instrumentarium für die Planung von Renaturierungsvorhaben und deren Erfolgskontrolle ist die Strukturgütekartierung. Auch im Zuge der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie sind Renaturierungen an vielen Fließgewässern erforderlich. Denn nur so kann der geforderte „gute ökologische Zustand“ der Gewässer bis 2015 erreicht werden.

Aufwand und Kosten für Renaturierungsmaßnahmen sind sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten am Gewässer, der Nutzung im Umfeld und dem Ausbaugrad des Gewässers abhängig. Deshalb müssen die Gewässerabschnitte für ein Renaturierungsvorhaben sorgfältig ausgewählt und Kompromisse eingegangen werden. Das bei einer Renaturierung theoretisch anzustrebende Leitbild eines ohne Einschränkungen natürlichen Fließgewässers (Strukturgüteklasse 1) ist in einer Kulturlandschaft flächendeckend nicht umzusetzen.

## Renaturierung von Fließgewässern

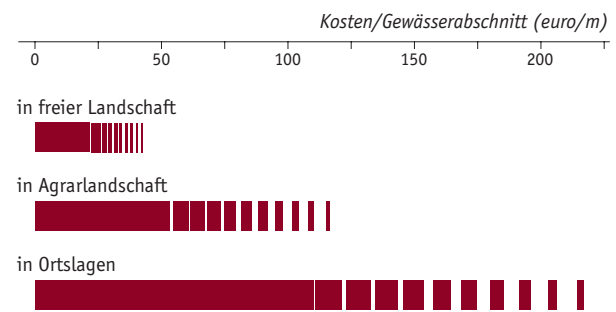


Abb. 7-1 Die Kosten für die Renaturierung von Fließgewässern in Abhängigkeit von der Nutzung des Gewässerumfeldes (nach REGIERUNGSPRÄSIDIUM GIESSEN 1994).

Vielmehr muss ein Entwicklungsziel festgelegt werden, das sich daran orientiert, welche Renaturierungsmaßnahmen unter Berücksichtigung der örtlichen Einschränkungen wie Verkehrswege, Ortschaften und anderen Nutzungen realistisch und umsetzbar sind.

### Entwicklungsziel = Leitbild minus Restriktionen

In Hessen wird als Entwicklungsziel für die Gewässerstruktur in der freien Landschaft Strukturgüteklasse 3 angestrebt, in Ortslagen Strukturgüteklasse 5. Außerdem gilt ein Verschlechterungsverbot, d.h. es muss zukünftig sichergestellt werden, dass noch naturnahe Gewässer (besser als Strukturgüteklasse 3) erhalten bleiben. (Definition und Beschreibung der Strukturgüteklassen in ► KAP. 10.2)

### Wie wird renaturiert?

Eine Renaturierungsmaßnahme muss sorgfältig geplant und auf den Gewässertyp, die speziellen Gegebenheiten des jeweiligen Gewässerabschnittes und seines Umfeldes abgestimmt werden. Eine Bewertung des Ist-Zustandes, die Festlegung, was unter den jeweiligen Gegebenheiten überhaupt erreichbar ist (Entwicklungsziel), sowie die Abstimmung mit den Betroffenen (Anwohner, Landwirte, Gemeindevertreter) sind wichtige Voraussetzungen, damit eine Renaturierung erfolgreich ist. Grundsätzlich ist zu überlegen, ob durch eine Renaturierungsmaßnahme bereits (noch) vorhandene, aus Sicht des Naturschutzes bedeutsame Biotope wie z.B. Altarme oder Auwaldreste eine Aufwertung erfahren und in die Maßnahme einbezogen werden können, denn aufgrund ihrer Längsausdehnung sind Fließgewässer besonders zur Biotopvernetzung geeignet.

## Renaturierung von Fließgewässern



### Vorgehen bei einer Renaturierung

1. Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustandes
2. Festlegung des Entwicklungszieles unter Berücksichtigung von örtlichen Einschränkungen
3. Planung und Festlegung von Renaturierungsmaßnahmen unter Beteiligung der Betroffenen
4. Umsetzung
5. Erfolgskontrolle

### Strategie: Sichern – Erweitern – Vernetzen

Von diesen noch vorhandenen intakten Biotopen kann dann die Wiederbesiedlung des neu geschaffenen Lebensraumes mit standorttypischen Tier- und Pflanzenarten erfolgen. Erfahrungen haben gezeigt, dass gerade Fließgewässer über ein erstaunliches natürliches Regenerationsvermögen verfügen. Im Allgemeinen sind Renaturierungsvorhaben in der freien Landschaft wesentlich einfacher und kostengünstiger durchzuführen als in Siedlungsgebieten, denn Bäche und Flüsse brauchen vor allem ausreichend Raum, um sich natürlich entfalten zu können. Außerdem ist entscheidend, in welchem Maß ein Gewässer ausgebaut ist, ob es z.B. mit Ufer- und

Sohlbefestigungen versehen, künstlich eingetieft oder aufgestaut ist. Bei Bächen und Flüssen, die lediglich begradigt, aber nicht technisch ausgebaut sind (Strukturgüteklasse 3-5), reicht es in der Regel aus, rechts und links des Gewässers einen genügend breiten Streifen aus der Nutzung herauszunehmen (etwa das 10fache der Gewässerbreite) und von wenigen Initialmaßnahmen abgesehen, das Gewässer sich selbst zu überlassen und die gestalterische Kraft des Wassers wirken zu lassen. Dieses erfordert allerdings Zeit. Gewässerrandstreifen sind von außerordentlich hoher Bedeutung für das gesamte Ökosystem Fließgewässer. (► ABB. 7-3)

### Mögliche Renaturierungsmaßnahmen bei wenig ausgebauten Gewässern (bis Strukturgüteklasse 5)

#### 1. Unterlassen von Unterhaltungsmaßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung

- Totholz und umgestürzte Bäume nicht entfernen
- Erosionsgefährdete Ufer nicht sichern, sondern Uferabbrüche zulassen. Sie sind ein erster Schritt des Gewässers, seinen Lauf zu verlagern und sich in die Breite auszudehnen
- Ufer und Gewässerrandstreifen nicht mähen, sondern sich selbst überlassen

*Kostengünstig, es braucht allerdings relativ viel Zeit bis Erfolge sichtbar sind.*

#### 2. Unterstützendes Eingreifen – Hilfe zur Selbsthilfe

- Aufbrechen vorhandener Uferbefestigungen an einigen Stellen („Initialmaßnahmen“)
- Bepflanzung des Ufers mit gewässertypischen Gehölzen, z.B. Erlen („Initialpflanzungen“)
- Gezieltes Einbringen von Totholz, großen Steinen oder anderen Strömungshindernissen, um die Strömungsvielfalt zu erhöhen und neue Kleinlebensräume zu schaffen.

*Teurer; Maßnahmen sind nach einiger Zeit erkennbar*

### Renaturierungsmaßnahmen bei stark ausgebauten Gewässern (Strukturgüteklasse 6+7)

- Öffnung verrohrter Gewässerstrecken
- Entfernen künstlicher Sohlen- und Uferbefestigung
- Anheben der eingetieften Gewässersohle durch „Geschiefefallen“ (z.B. Totholz) und Einbringen von Material (Schotter, Steine)
- Entfernung von Hindernissen (Querbauwerke wie Wehre, Abstürze) und Ersatz durch „Rauhe Rampen“ oder Umgehung durch (funktionsfähige!) Fischtrepfen
- Anlegen von Gewässerschleifen und Kiesbänken
- Bepflanzung des Ufers mit gewässertypischen Gehölzen

*Kostenintensiv, Maßnahmen zur Flächensicherung sind zu beachten*



## Renaturierung von Fließgewässern



Foto: T. Schmidt

Abb. 7-2 Eigendynamische Gewässerentwicklung: Bei diesem begradigten Bach wurden die Unterhaltungsmaßnahmen eingestellt. Der Bach beginnt sich selbst ein gewundenes Bett zu schaffen.

Bei Gewässern, die so stark verändert wurden, dass eine natürliche Regeneration nicht mehr möglich ist, weil sie mit Ufer- und Sohlbefestigungen versehen wurden, stark eingetieft oder gar verrohrt sind (Strukturgütekategorie 6-7), sind Renaturierungsmaßnahmen aufwendiger und entsprechend teurer.

In Siedlungsgebieten kommt dazu, dass der Raum für das Gewässer eingeschränkt bleibt – Häuser, Straßen, Brücken usw. lassen sich nicht einfach entfernen. Man bezeichnet sie als Restriktionen, die letztlich eine Wiederherstellung natürlicher Gewässerstrukturen verhindern. Außerdem müssen in Ortschaften gesetzlich vorgeschriebene Hochwasserschutzmaßnahmen beachtet werden.

Wenn Maßnahmen zum Hochwasserschutz oder zur Ufer- und Flächensicherung in Ortschaften, an Straßen oder Bahngleisen erforderlich sind, sollten grundsätzlich naturnahe Maßnahmen bevorzugt werden. Dies sind zum Beispiel:

- Ufersicherung mit Lebendbewuchs (Erlen)
- Ufersicherung mit Steinschüttungen statt mit Beton oder Mauerwerk
- Hochwasserschutz durch Schaffung von Retentionsräumen (unbebaute, naturnahe Auen/Überflutungsflächen) außerhalb der Siedlungen

Angesichts der genannten Einschränkungen mag der ökologische Nutzen einer Renaturierung in Ortschaften unzureichend erscheinen, weil das Ergebnis möglicherweise weit vom Leitbild eines natürlichen Baches entfernt liegt. Dennoch ist es besonders wichtig, auch im unmittelbaren Lebensumfeld der Menschen Gewässer zu renaturieren. Menschen, die nur kanalisierte Betonrinnen kennen, können keine Vorstellung von der Schönheit und Vielfalt natürlicher Bäche und Flüsse entwickeln, die einmal Sinnbild des Lebens und der Freiheit waren. Gewässer tragen Natur in die Stadt und können so möglicherweise der zunehmenden Entfremdung und der Entwicklung falscher Naturvorstellungen entgegenwirken.

### Bedeutung von Gewässerrandstreifen

#### Gewässerstruktur

- Dynamikraum für eine naturnahe Eigenentwicklung des Gewässers

#### Wasserqualität

- Pufferzone gegenüber landwirtschaftlichen Flächen: Verringerung des Eintrages von Pestiziden, Nährstoffen und Ackerboden, der das Gewässer verschlammen würde
- Verringerung der Eutrophierungserscheinungen im Gewässer durch Beschattung

#### Lebensgemeinschaften

- Lebensraum für Pflanzen und Tiere (auch der umliegenden Kulturlandschaft)
- Wanderungslinie und Rückzugsraum in der Kulturlandschaft (Biotopvernetzung)

#### Mensch

- Bereicherung des Landschaftsbildes
- Verringerte Unterhaltungskosten
- Schutz vor Hochwasser (Gewässer kann sich ausdehnen, ohne Schäden anzurichten)

Abb. 7-3 Gewässerrandstreifen sind von überaus großer Bedeutung für das gesamte Ökosystem Fließgewässer.





- ▶ M 7.1
- ▶ Folie 2 (ANLAGEN)

## Renaturierung von Fließgewässern

### Zurück zur Natur – Chronik einer Renaturierung

#### Zielgruppe

Ab Klasse 7

#### Fachbezug

Biologie, Erdkunde, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

#### Ziele

- die Schritte einer erfolgreichen Renaturierungsmaßnahme anhand von Fotos nachvollziehen
- Interesse für lokale Renaturierungsmaßnahmen wecken

#### Allgemeine Hinweise

Wenn kein Projekt „Renaturierung“ (▶ M 7.2) möglich ist, bietet dieses Schülermaterial die Möglichkeit, sich zumindest theoretisch mit dem Thema auseinanderzusetzen. Es kann natürlich auch im Rahmen des Projektes eingesetzt werden.

#### Vertiefung

##### ● Lokalerkundung Renaturierung

**X** Wurde in der Nähe eurer Schule ein Bach- oder Flussabschnitt renaturiert? Informiert euch bei der Gemeinde, der Stadtverwaltung oder über eine Zeitungsrecherche (▶ M 4.2).

**X** Schaut euch einen renaturierten Bachabschnitt vor Ort an. Wie sah er vor der Renaturierung aus? Vielleicht kann ein an der Planung und Umsetzung Beteiligter (Gemeinde, Planungsbüro) euch erläutern, was gemacht wurde.

**X** Führt eine Strukturgütekartierung (▶ M 11.1) des renaturierten Abschnittes durch.

#### Ergänzungsmaterial

- ▶ M 4.2 EIN BLICK IN DIE ZEITUNG
- ▶ M 11.1 BEWERTUNGSBOGEN GEWÄSSERSTRUKTUR
- ▶ M 7.2 PROJEKT – EINEN BACH RENATURIEREN

#### Durchführung

▶ M 7.1 wird als Folie gezeigt. Die Schülerinnen und Schüler versuchen die Bilder in die richtige Reihenfolge zu bringen und dann die Vorgehensweise und den Zeitraum dieser Renaturierungsmaßnahme zu rekonstruieren.



Bild ② Bach vor der Renaturierung (März 1998): Trapezprofil; Betonhalbschalen; gerader Gewässerverlauf.



Bild ③ Nach den Baumaßnahmen (Ende April 1998): Gewässerbett ist erweitert; Steine und Sediment wurden eingebracht, eine Insel angelegt, die zur Verzweigung des Baches führt. Lastwagen zeigt, dass schwere Maschinen eingesetzt wurden.



Bild ① (Anfang Juni 1998): Bäume wurden gepflanzt. (Initialpflanzungen)



Bild ④ (Mitte September 1998): Die Bäume sind bereits angewachsen, das Ufer und die Insel sind mit eingesäten Gräsern und Kräutern bewachsen.

Fotos: J. WALTER, RP-Kassel

Abb. 7-4 Beispiel für die Renaturierung eines begradigten Bachabschnittes (Strukturgüteklasse 6). Eine eigendynamische Gewässerentwicklung würde in diesem Fall sehr lange dauern (vgl. Abb. 7-2 und Tab. Seite 127). Deshalb wurden relativ aufwendige gestalterische Maßnahmen ergriffen.





# Zurück zur Natur – Chronik einer Renaturierung

①



②



③



④



Fotos: J. WALTER, RE Kassel

Aufgabe 0

In welchen Schritten und durch welche Maßnahmen wurde der Bach verändert?  
 Versucht, die Vorgehensweise bei der Renaturierung zu rekonstruieren.

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



► M 7.2

### Zielgruppe

Ab Klasse 7

### Fachbezug

Biologie, Erdkunde, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

### Ziele

- Möglichkeiten und Grenzen der Bachrenaturierung kennenlernen
- eine Bachrenaturierung selbst planen
- eigene Ideen und Phantasien/Utopien für die Veränderung eines naturfernen Baches zu entwickeln

### Allgemeine Hinweise

Fließgewässerrenaturierung ist ein Thema, das sich zwangsläufig in einer Unterrichtseinheit Gewässerökologie ergibt, vor allem, wenn damit die Untersuchung eines Baches in der Kulturlandschaft verknüpft ist und projektorientiert gearbeitet wird. Spätestens nach einer Strukturgütebewertung (► M 11.1) sollte diskutiert werden, welche Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur möglich sind. Auch werden in Hessen aufgrund des großen Handlungsbedarfs im Bereich Gewässerstruktur zukünftig in vielen Städten und Gemeinden Gewässerrenaturierungen durchgeführt, und es ergeben sich viele Möglichkeiten für Schülerinnen und Schüler, vor Ort diese Renaturierungen zu begleiten oder sogar zu initiieren.

Grundsätzlich gibt es drei verschiedene Möglichkeiten zum Thema zu arbeiten:

1. Theoretisch: Erstellung eines Renaturierungsplanes für einen Gewässerabschnitt
2. Praktisch: Planung und praktische Umsetzung eines eigenen Renaturierungsvorhabens
3. Begleitung oder nachträgliche Begutachtung eines von der Kommune durchgeführten Renaturierungsvorhabens

**Wichtig ist, dass es in diesem Projekt immer um einen ganz konkreten, am besten in Schulpnähe verlaufenden Bach geht!**

Die praktische Umsetzung einer Renaturierung mit einer Schülergruppe erfordert sehr viel Engagement, Organisation, Zeit, zusätzliche (körperliche) Arbeit und die Zusammenarbeit mit den verantwortlichen Behörden. Sie ist im Rahmen des regulären Fachunterrichts nicht möglich. Der Ausgang und Erfolg eines initiierten Vorhabens ist letztlich ungewiss. Nicht zuletzt, weil vieles am Lehrer bzw. der Lehrerin hängenbleibt, sollte vorher sehr genau überlegt

## Renaturierung von Fließgewässern

### Projekt – Einen Bach renaturieren

werden, ob die Lerngruppe und die Rahmenbedingungen für ein solches Vorhaben günstig sind. Sind sie es nicht, ist es empfehlenswert das Thema Renaturierung nur theoretisch bis zur Planungsphase „durchzuspielen“, dies ist in 2-4 Unterrichtsstunden möglich.

Andererseits eröffnet ein praktisches Renaturierungsprojekt viele einmalige Lernmöglichkeiten:

- selbständiges Arbeiten: Die Arbeitsschritte und Maßnahmen müssen von den Schülerinnen und Schülern selbst geplant, auf den Weg gebracht werden und arbeitsteilig umgesetzt werden
- Handlungsorientierung: Lernen an einem realen Objekt des öffentlichen Interesses und während eines Prozesses mit offenem Ausgang
- Öffnung von Schule: Zusammenarbeit mit Behörden und Öffentlichkeit

**! Grundsätzlich müssen bei allen Veränderungen am Gewässer die entsprechenden Fachbehörden informiert und Genehmigungen eingeholt werden! In der Regel ist die Kommune für Renaturierungen zuständig.**

Als einfachste Renaturierungsmaßnahme sind Uferbepflanzungen von Schülerinnen und Schülern durchzuführen. Dabei muss unbedingt darauf geachtet werden, dass einheimische, standortgerechte Pflanzen verwendet werden. Maßnahmen, die den Abfluss verändern und Maschineneinsatz erfordern, wie das Entfernen der Uferbefestigung und Einbringen von Strömungshindernissen, sind wesentlich zeit-, kosten- und arbeitsaufwendiger und nur in direkter Zusammenarbeit mit den entsprechenden Fachbehörden sowie möglich.

### Vorbereitung

#### ● Auswahl des Bachabschnittes

Für das Unterrichtsvorhaben sollte ein überschaubarer Gewässerabschnitt ausgesucht werden (nicht länger als 200 m). Für die Umsetzung eines Renaturierungsvorhabens ist es günstig, wenn sich die umgebende Fläche nicht im Privatbesitz befindet. Außerdem sollte gleich mit der zuständigen Fachbehörde sowie ggf. mit dem beauftragten Planungsbüro Kontakt aufgenommen werden.



## Projekt – Einen Bach renaturieren

### Durchführung

Zunächst führen die Schülerinnen und Schüler eine Strukturgütebewertung (► M 11.1) des Bachabschnittes durch. Dann wird die Tabelle auf ► M 7.2 ausgefüllt. Zur Orientierung ist ein Beispiel am Ende dieser „Hinweise zum Unterricht“ vorgegeben. Auf diesem Wege ergeben sich folgende Projektschritte:

#### 1. Bestandsaufnahme

##### Beschreibung und Bewertung des Ist-Zustandes

##### Vergleich des Ist-Zustandes mit dem Leitbild eines (potenziell) natürlichen Baches (Mängelliste)

Das Leitbild ist anhand von 10 Parametern im Bewertungsbogen (► M 11.1) ausführlich als Bewertungsstufe 1 beschrieben.

#### 2. Planungsphase

##### Maßnahmen zum Erreichen des Leitbildes (Wunschliste)

✗ Was müßte theoretisch getan werden, um den Bach wieder vollständig zu renaturieren und für jeden Parameter Bewertungsstufe 1 zu erreichen?

##### Festlegung eines Entwicklungszieles und Vorschläge von Maßnahmen zum Erreichen des Entwicklungszieles (Maßnahmenliste)

✗ Was kann praktisch getan werden, um unter Berücksichtigung der menschlichen Nutzungen möglichst naturnahe Verhältnisse zu erreichen?

✗ Welche Maßnahmen der Wunschliste sind umsetzbar? Welche nicht?

✗ In welchen Schritten soll die Renaturierung erfolgen?

✓ Beispiel: Bevor die Sohlenbefestigung entfernt wird, muss erst der Müll entfernt werden.

✗ Mit welchen Problemen ist zu rechnen?

✓ Beispiele: Flächen werden genutzt und müssten angekauft, bzw. eine Nutzungsänderung mit dem Besitzer vereinbart werden. Eine Uferbefestigung neben einer Straße muss zum Hochwasserschutz erhalten bleiben. Eine veränderte, naturnahe Ufersicherung müsste mit der entsprechenden Behörde abgestimmt werden.

#### 3. Umsetzungsphase

Dabei sind folgende Fragen zu klären:

✗ Welche Behörden sind für Renaturierungsvorhaben verantwortlich?

Bei der Kommune/Stadtverwaltung nachfragen.

✗ Wer kann fachlichen Rat geben?

Fachbehörden, Natur- und Umweltschutzinitiativen, Sprecher von Gewässernachbarschaften ansprechen.

✗ Wer übernimmt welche Aufgabe?

✗ Welche Geräte, Maschinen und Materialien sind erforderlich?

#### 4. Erfolgskontrolle

✗ Wie wirken sich die durchgeführten Maßnahmen auf das Gewässer aus?

Längerfristige Dokumentation der Gewässergüte (Struktur, Wasserqualität, Lebensgemeinschaften) anhand der Bewertungsbögen.

► M 11.1 bis M 11.4

#### 5. Präsentation der Ergebnisse

Projektdokumentation auf Plakaten; Information der Lokalpresse. Mit einem erfolgreichen Renaturierungsprojekt lässt sich sicher auch an einem der zahlreichen Schülerwettbewerbe im Umweltbereich teilnehmen.

#### Ergänzungsmaterial

► M 11.1 BEWERTUNGSBOGEN GEWÄSSERSTRUKTUR



## Renaturierung von Fließgewässern Projekt - Einen Bach renaturieren

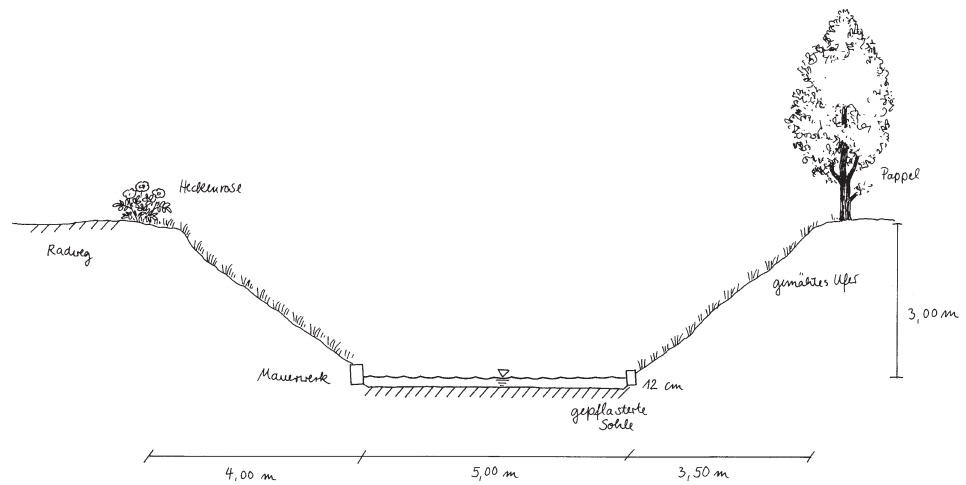


Abb. 7-5 Querschnitt des Bachabschnittes, für den der Renaturierungsplan aufgestellt wurde.

✓ Beispiel für einen Renaturierungsplan ▶ M 7.2)

Parameter ①	Mängelliste ② Abweichungen vom natürlichen Zustand (Leitbild)	Wunschliste ③ (Theoretisch) erforderliche Maßnahmen um Leitbild zu erreichen	Maßnahmenliste ④ Praktisch umsetzbare Maßnahmen unter Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten
Nutzung der Aue	auf der linken Seite Häuser u. Grundstücke, rechts ein Radweg	Häuser u. Radweg entfernen/verlegen	geht nicht, geschlossene Ortschaft
Gewässerrandstreifen	kein Randstreifen vorhanden	Den Gewässerrandstreifen auf mind. 20m verbreitern.	geht nicht, Privatgrundstücke, Radweg wird viel genutzt u. ist umweltfreundlich!
Gewässerschädigende Umfeldstrukturen	versiegelter Radweg	Den Radweg verlegen	Radweg entsiegeln, mit Schotter befestigen, für Mofas verbieten
Gewässerverlauf	gerade	Den Lauf des Baches so verändern, dass er wieder in Schlingen u. Schleifen fließt.	Geht im großen Maßstab nicht, weil Häuser und Radweg da sind
Ufervegetation	Ufer wird gemäht; Bäume sind nicht vorhanden	Weiden und Erlen anpflanzen, Ufer nicht mehr mähen	Möglich, mit Fachbehörde/Unterhaltungsverband abstimmen
Uferstruktur	Ufer ist mit Steinen befestigt	Uferbefestigungen entfernen	Möglich, mit Fachbehörde abstimmen; außerdem klären, wer die Arbeiten durchführt
Gewässerquerschnitt	Bach ist eingetieft	Den eingetieften Bach wieder „verflachen“!	Theoretisch möglich, praktisch schwierig; mit Fachbehörde abstimmen
Strömungsbild	teilweise langsam und schnell fließendes Wasser erkennbar	Strömung abwechslungsreich gestalten durch große Steine o. Baumstämme	Möglich; mit Fachbehörde abstimmen, außerdem klären, wer die Arbeiten durchführt
Gewässersohle	gepflasterte Sohle	Pflastersteine entfernen	Theoretisch möglich; praktisch schwierig; mit Fachbehörde abstimmen
Durchwanderbarkeit für Tiere	keine Hindernisse	keine Maßnahmen erforderlich!	

Als Beispiel wurde ein stark ausgebauter, naturferner Bach in einer Ortschaft ausgewählt. Eine Wiederherstellung eines natürlichen Zustandes wäre in diesem Fall nicht möglich!



# Projekt – Einen Bach renaturieren

Aufgaben

1. Stellt anhand einer Strukturgütekartierung (► M 11.1) den Ist-Zustand des Bachabschnittes fest!
2. Überlegt, bei welchen Parametern euer Bach nicht dem Leitbild eines natürlichen Baches entspricht und stellt eine „Mängelliste“ ② auf.
3. Welche Maßnahmen wären erforderlich, um dieses Leitbild zu erreichen? Stellt eine „Wunschliste“ ③ auf.
4. Welche Renaturierungsmaßnahmen sind an eurem Gewässerabschnitt praktisch umsetzbar? Stellt eine „Maßnahmenliste“ ④ auf.

<b>Parameter</b> ①	<b>Mängelliste</b> ② Abweichungen vom natürlichen Zustand (Leitbild)	<b>Wunschliste</b> ③ (Theoretisch) erforderliche Maßnahmen um Leitbild zu erreichen	<b>Maßnahmenliste</b> ④ Praktisch umsetzbare Maßnahmen unter Berücksichtigung örtlicher Gegebenheiten
--------------------	---	--	--

Nutzung der Aue

---

Gewässerrandstreifen

---

Gewässerschädigende Umfeldstrukturen

---

Gewässerverlauf

---

Ufervegetation

---

Uferstruktur

---

Gewässerquerschnitt

---

Strömungsbild

---

Gewässersohle

---

Durchwanderbarkeit für Tiere

---

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 138											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
8.1 Aus den Augen, aus dem Sinn? – Entstehung von Abwasser	▶ 146	●	-	-	●	-	●	-	-	●	-	-
8.2 Der Weg des Abwassers	▶ 149	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
8.3 Alles klar? So funktioniert eine Kläranlage	▶ 150	●	-	-	-	-	●	-	-	-	-	-
8.4 Alles dicht? – Kanalisation, Regenwasser, Flächenversiegelung	▶ 152	-	●	●	●	-	●	-	●	●	-	-
8.5 So funktioniert eine Kläranlage	▶ 156	-	●	●	-	-	●	-	-	●	-	-
8.6 Erkundung einer Kläranlage	▶ 160	-	●	●	●	●	-	-	●	●	-	-



## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

### Kläranlagen und Gewässergüte – Eine Erfolgsgeschichte

Die Wasserqualität der Bäche und Flüsse Hessens hat sich seit den 70er Jahren ständig verbessert. Während die erste hessische Gewässergütekarte von 1970 noch zu über einem Drittel in den Warnfarben orange und rot (= sehr starke bis übermäßige Verschmutzung) gezeichnet werden musste, haben mittlerweile fast 95 % der hessischen Bäche und Flüsse das gesetzlich vorgeschriebene Qualitätsziel der „mäßigen Belastung“ (Biologische Gewässergüteklasse II) erreicht. Diese positive Entwicklung ist auf die flächendeckende Einrichtung von Kläranlagen und die ständige Verbesserung der Abwasserreinigungstechnik zurückzuführen. Die hohen Investitionen in diesen Bereich des Gewässerschutzes haben sehr eindrucksvoll – zumindest was die Wasserqualität angeht – zum Erfolg geführt.

In Hessen wird heute in ca. 750 Kläranlagen das Abwasser von etwa 6 Mio. Menschen behandelt. Lediglich 1,3 % der Einwohner Hessens, vornehmlich in ländlichen Gebieten, sind nicht an eine öffentliche Kläranlage angeschlossen. Etwa 50 mittlere und große Industrie- und Gewerbebetriebe betreiben eigene Kläranlagen.

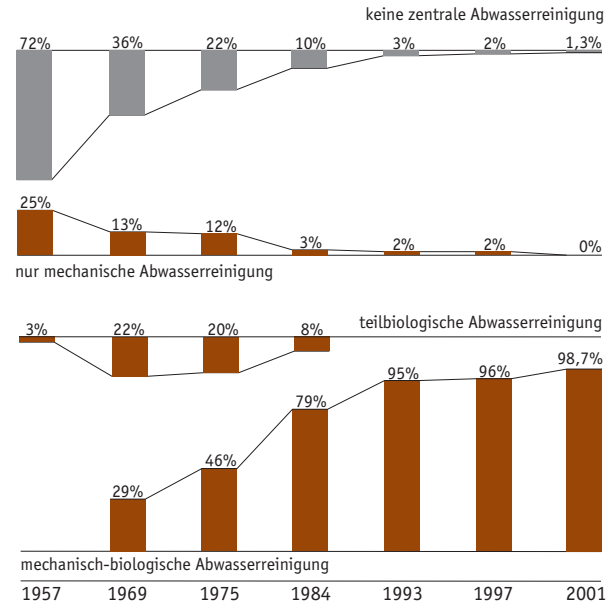


Abb. 8-2 Anschlussgrad der Bevölkerung in Hessen an Kläranlagen und deren Ausbauzustand seit 1957 (nach Hessischer Gewässergütebericht 1994 und 1997 und Hessisches statistisches Landesamt 2003).

#### Biologische Gewässergüteklasse

I-II blau  
II dunkelgrün  
II-III hellgrün  
III gelb  
unter III orange-rot

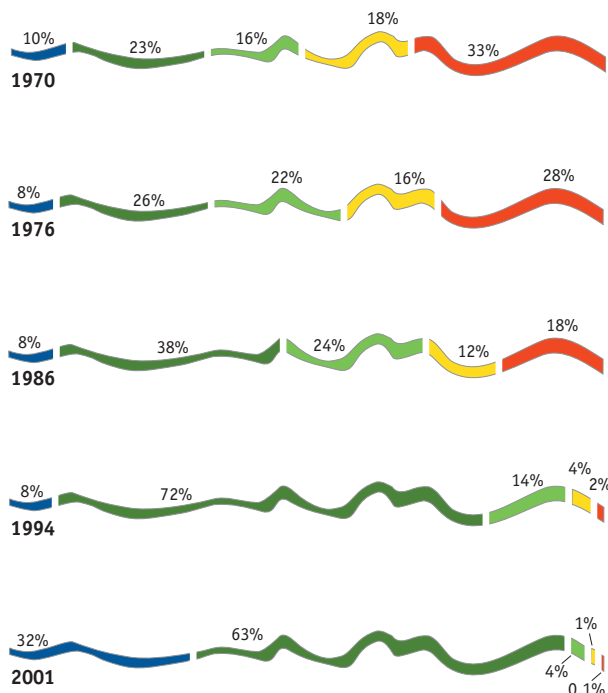


Abb. 8-1 Biologische Gewässergüte in Hessen. Entwicklung seit 1970. Dargestellt sind die prozentualen Gewässerstreifenanteile der einzelnen Gewässergüteklassen (nach Hessischer Gewässergütebericht 1994 und HLUG 2003, mündliche Mitteilung).

### Wasser wird zu Abwasser – Wasserverbrauch und Abwasserentstehung

► **ABWASSER** entsteht, wenn durch den Einfluss des Menschen Wasser in seiner chemischen Zusammensetzung oder seinen physikalischen Eigenschaften verändert wird. Die Art der Veränderung kann sehr unterschiedlich sein: Direkt wird Wasser durch den Gebrauch in Haushalt, Industrie und Landwirtschaft verschmutzt. Kühlwasser, das über zwei Drittel des Gesamtwasserverbrauchs in Deutschland ausmacht, wird in der Regel nicht verschmutzt, muss dennoch als Abwasser bezeichnet werden, weil es erwärmt, also thermisch verändert wird. Indirekt wird auch (Regen-)Wasser, das von versiegelten oder verunreinigten Flächen abfließt, zu Abwasser.

Die ökologische Bedeutung der Abwasserreinigung wird deutlich, wenn man bedenkt, dass alles vom Menschen gebrauchte Wasser über kurz oder lang wieder dem natürlichen Wasserkreislauf zugeführt wird. In Deutschland wird ca. 8,5 % (!) des Wassers aus dem Wasserkreislauf für den menschlichen Gebrauch entzogen und zu Abwasser (► ABB. 6-1).

Insgesamt ist der Wasserverbrauch und damit auch die Abwassermenge in Deutschland in den letzten Jahren stetig zurückgegangen (► ABB. 8-4). Bei der Berechnung des Gesamtwasserverbrauchs einer Person muss berücksichtigt werden, dass Wasser nicht nur im Haushalt beim Waschen, Baden, Kochen usw. verbraucht wird, sondern z.B. auch bei der Nutzung öffentlicher Einrichtungen. Außerdem wird von Industrie und Gewerbe zur Herstellung von Verbrauchsgütern Wasser benötigt, das dem Wasserverbrauch jedes Einzelnen hinzugerechnet werden muss.







## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

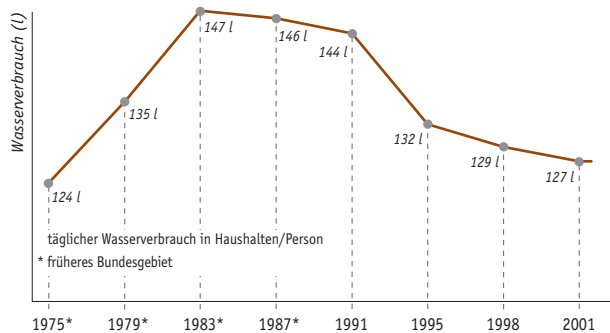


Abb. 8-4 Wasserverbrauch in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2003).

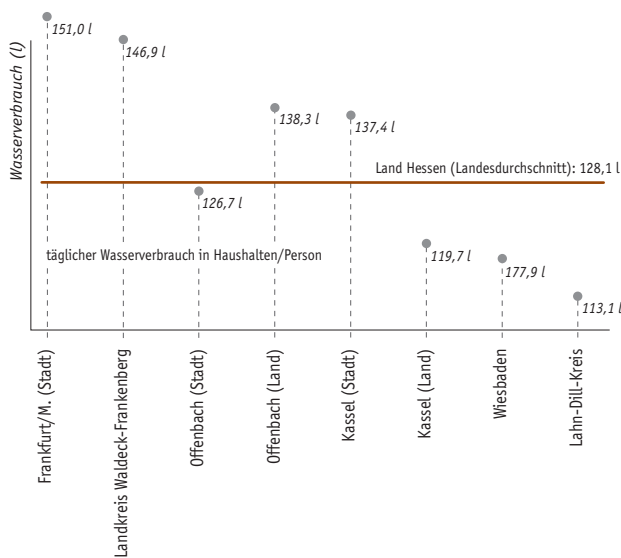


Abb. 8-4a Wasserverbrauch in Hessen, Auswahl. (Hessisches Statistisches Landesamt 2003)

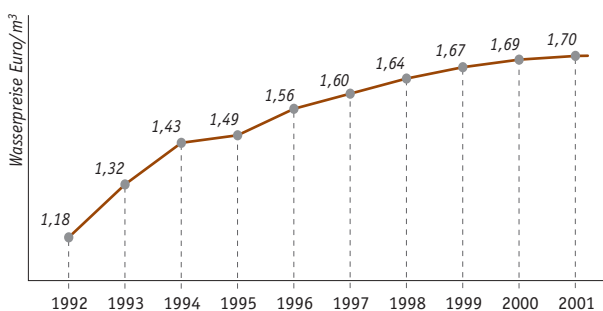


Abb. 8-5 Entwicklung der Wasserpreise in Deutschland 1992 - 2001. (Jahresbericht der Wasserwirtschaft 2001)

### Herkunft und Zusammensetzung von Abwasser

Das in Haushalten anfallende Abwasser macht nur den geringsten Teil des in kommunalen Kläranlagen behandelten Abwassers aus. Viel größer ist die Abwassermenge aus Gewerbe und Landwirtschaft. (► ABB. 8-6) Außerdem werden auch beträchtliche Mengen an Regenwasser den Kläranlagen zugeleitet und dort gereinigt. Denn in einem dicht besiedelten Land wie der Bundesrepublik stellt auch das von versiegelten Flächen abfließende Regenwasser eine Belastung von Grundwasser und Gewässern dar. Reifenabrieb, Mineralöl, Treibstoff, Streusalz, Schwermetalle und andere nicht oder nur schwer abbaubare Stoffe sind ebenso enthalten wie Bodenpartikel, Laub und Tierkot. In ländlichen Gebieten werden von Hofflächen Gülle und Pestizide eingetragen. Nach längerer Trockenheit kann die Belastung des Regenwassers, besonders bei Beginn des Regens, ähnliche Konzentrationen erreichen wie kommunales Abwasser.

Abwasser besteht aus einer Vielzahl von Stoffen mit unterschiedlichen Auswirkungen auf Gewässerökosysteme (► ABB. 8-8). Von seiner Zusammensetzung unterscheidet man das kommunale Abwasser aus Haushalten, aus öffentlichen Einrichtungen, Landwirtschaft und Kleinbetrieben (Gewerbe) vom industriellen Abwasser aus Großbetrieben.

Die Größe einer Kläranlage wird in Einwohnerequivalenten beschrieben. Dieser liegt meist über der eigentlichen Einwohnerzahl eines Kläranlageneinzugsgebietes, weil in einer kommunalen Kläranlage ja nicht nur Abwasser aus Haushalten behandelt werden. So haben die hessischen Kläranlagen eine Ausbaugröße von 10,5 Mio. Einwohnerequivalenten bei etwa 6 Mio. angeschlossenen Einwohnern. Ein ► EINWOHNERGLEICHWERT entspricht der Menge an Sauerstoff, die beim Abbau der organischen Belastung eines Einwohners während eines Tages verbraucht wird. Danach belastet eine Brauerei, die 1000 Liter Bier am Tag erzeugt, eine Kläranlage ebenso stark wie mehr als 150 Menschen; ein Schwein belastet eine Kläranlage soviel wie 3 Menschen.

(► ABB. 8-7)

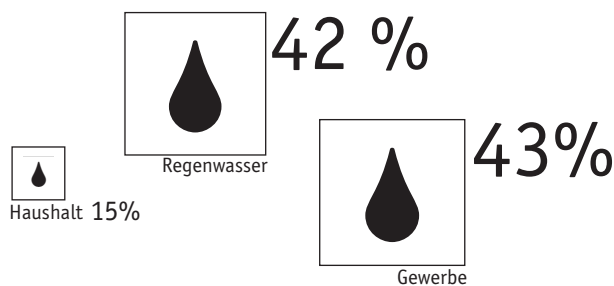


Abb. 8-6 Herkunft des in kommunalen Kläranlagen behandelten Abwassers in der Bundesrepublik Deutschland (nach ATV 1996). Große Industriebetriebe haben meist eigene Kläranlagen.

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage



Das kommunale Abwasser enthält hauptsächlich organische, biologisch abbaubare Stoffe und ist in seiner Zusammensetzung überschaubar und relativ konstant. Abwässer aus Gewerbe und Industrie dagegen enthalten abhängig von den Produkten und Verarbeitungsverfahren sehr unterschiedliche Stoffe, die häufig nur mit Spezialverfahren zu entfernen sind, über die die kommunalen Kläranlagen der Städte und Gemeinden nicht verfügen. Sind problematische Stoffe enthalten, müssen Industriebetriebe in eigenen Kläranlagen das Abwasser so vorbehandeln, dass es in der kommunalen Kläranlage vollständig gereinigt werden kann (Indirekteinleiter). Große Industriebetriebe (z.B. chemische Industrie) haben eigene Kläranlagen, die verfahrenstechnisch auf die spezifische Zusammensetzung des Abwassers ausgerichtet sind (Direkteinleiter). Alle Abwassereinleitungen sind genehmigungspflichtig und müssen überwacht werden.

1 Mensch	1
1 Huhn	0,25
1 Kuh	5-10
1 Schwein	3
1000 l Bier	150-350
1000 l Milch	25-70

Abb. 8-7 Einwohnergleichwerte verschiedener Abwässer (nach IMHOFF 1990)

Stoffe	Hauptsächliche Herkunft	Auswirkungen im Gewässer	Reinigungsverfahren
<b>Grob- und Feststoffe</b>	Haushalte, Industrie, Oberflächenabfluss/Regenwasser	Veränderung der Sedimente/ Verschlammung der Sohle	Mechanisch Sedimentation
<b>Fette und Öle</b>	Haushalte, Gewerbe		Fettabscheider
<b>Leicht abbaubare organische Kohlenstoffverbindungen</b>	Haushalte	Saprobie fördernd, (Sauerstoffzehrung)	Biologisch
<b>Nährstoffe</b>	Haushalte, Landwirtschaft	Eutrophierung NH <sub>3</sub> und NO <sub>2</sub> toxisch	
Phosphor (PO <sub>4</sub> )			Chemisch und biologisch
Ammonium (NH <sub>4</sub> )			Biologisch
Nitrat (NO <sub>3</sub> )			Nitrifikation, Denitrifikation
<b>Salze</b>	Industrie	Versalzung, Veränderung der Lebensgemeinschaften	Ionenaustauscher
<b>Schwermetalle</b>	Industrie, Oberflächenabfluss (Straßen)	Toxisch; Veränderung der Lebensgemeinschaften	Aktivkohlefilter (Adsorption/Fällung)
<b>Bakterien, Viren</b>	Haushalte, Krankenhäuser	Pathogen	Membranfiltration, Desinfektion
<b>Industriechemikalien u.a. Xenobiotica</b>	Industrie, Landwirtschaft (Pestizide)	Toxisch, Veränderung der Lebensgemeinschaften	Spezialverfahren (z.B. Membranfiltration)
<b>Pharmaka</b> (z. B. Antibiotica, Zytostatica)	Haushalte, Krankenhäuser	Akut und chronisch toxisch; endokrine Wirkungen, Veränderung der Lebens- gemeinschaften	Vermeidung; Maßnahmen am Ort des Entstehens
<b>Hormone</b> und hormon-ähnlich wirkende Substanzen (z. B. Nonylphenol, Alkylphenole, Östrogen)			

Abb. 8-8 Herkunft der wichtigsten belastenden Stoffe im Abwasser, ihre Wirkung auf Gewässerökosysteme und Reinigungsmöglichkeiten. (nach BORCHARDT et al. 1999)



## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

### Der verborgene Teil der Abwasserreinigung – Kanalisation und Regenwasserbehandlung

Das Kanalisationsnetz in Hessen ist etwa 35.550 km lang (In ganz Deutschland hat es eine Länge von ca. 400.000 km). Man unterscheidet zwei grundsätzlich unterschiedliche Kanalisationstypen: die Misch- und die Trennkanalisation. In Hessen gibt es überwiegend Mischkanalisationen. Merkmale, Vor- und Nachteile der beiden Kanalisationstypen sind in ► ABB. 8.9 zusammengestellt.

Gewässerbelastungen durch Kanalisationseinleitungen treten vor allem bei starken Regenfällen auf, wenn plötzlich ein Vielfaches der sonst üblichen Wassermenge in die Kanalisation gelangt. Um in solchen Fällen einen Rückstau oder die Überbelastung der Kläranlage zu verhindern, ist jedes Kanalisationsnetz mit einer Anzahl an „Notüberläufen“ ausgestattet, über die die Kanalisation durch Ableitung in das nächstliegende Gewässer „entlastet“ werden kann. Für das Gewässer bedeutet dies eine erhebliche Belastung, weil so verschmutztes Regenwasser, bei Mischkanalisationen auch Abwasser, praktisch ungereinigert eingeleitet wird.

Doch nicht nur die Wasserqualität wird beeinträchtigt, sondern auch die Lebensgemeinschaften und die Gewässerstruktur. Besonders dramatisch wirken sich Kanalisationseinleitungen in kleinen Bächen und in stark versiegelten Einzugsgebieten aus. Stürzt durch Kanalisationseinleitungen plötzlich ein Vielfaches des normalen Abflusses durch das Bachbett, gerät das Substrat in Bewegung und mit ihm werden kleine Tiere mitgerissen (Katastrophendrift). Schon durch eine einzige Kanalentlastung können Populationsverluste bis zu 80% auftreten (BORCHARDT 1992). Außerdem wird durch diese künstlich erzeugten Hochwasserereignisse auf die Dauer das Bachbett unnatürlich eingetieft: Tiefenerosion und damit Strukturdefizite sind die Folge (BORCHARDT/SCHÄFFER 1998).

Vorgesaltete Becken zur Regenwasserbehandlung können in gewissem Maße die Entlastungshäufigkeit mindern. Um die Gewässer jedoch ganzheitlich und wirksam zu schützen, sind intelligente Lösungen erforderlich, die sauberes Regenwasser (z.B. von Dachflächen) gar nicht erst in die Kanalisation gelangen lassen. Versickerung und Regenwassernutzung können deshalb einen wichtigen Beitrag zum Gewässerschutz leisten.

#### Mischkanalisation

Schmutzwasser und Regenwasser werden in einem Kanal abgeleitet; in dicht besiedelten Gebieten die Regel. In Deutschland zu über 70 %.

😊 Abfluss von stark verschmutzten Flächen (Straßen, Parkplätzen oder Betriebsflächen von Industrie, Landwirtschaft und Gewerbebetrieben) wird bei normalen Regenfällen der Kläranlage zugeleitet und gereinigt.

😊 geringere Abwassergebühren durch  
a) geringere Baukosten (man braucht nur einen Kanal)  
b) geringere Wartungskosten (Kanal wird durch Regenfälle regelmäßig gespült).

😊 Regenbecken fangen bei starken Regenfällen den ersten, stark verschmutzten Wasserschwall auf.

☹️ Kanalisationseinleitungen lösen künstliches Hochwasser aus und belasten v.a. kleinere Bäche (Tiefenerosion, Verdriftung von Kleintieren).

☹️ bei starken Regenfällen wird durch Mischwassereinleitungen auch ungereinigtes Abwasser in die Gewässer geleitet.

☹️ Zufluss zur Kläranlage stark schwankend, ungünstig für Kläranlagenbetrieb und Reinigungserfolg.

#### Trennkanalisation

Zwei getrennte Kanalnetze: eines für Schmutzwasser, eines für Regenwasser. Der Regenwasserkanal führt direkt zum Gewässer, das Wasser wird nicht extra gereinigt. Häufig in ländlichen Gebieten.

😊 nicht oder wenig verschmutztes Regenwasser wird nicht mit stark verschmutztem Abwasser vermischt.

😊 Zufluss zur Kläranlage gleichmäßig, günstig für Kläranlagenbetrieb und Reinigungserfolg.

☹️ Regenwasser von versiegelten Flächen (Straßen, Hof- und Betriebsflächen) kann vor allem nach längerer Trockenheit stark verschmutzt sein. In ländlichen Gebieten zeitweise Spitzenbelastung mit Gülle und Pestiziden.

☹️ In der Praxis funktioniert bei den wenigsten Trennsystemen die Trennung von Regen- und Schmutzwasser. Es kommt zu Fehlschlüssen, so dass ungereinigtes Abwasser über den Regenwasserkanal direkt ins Gewässer gelangt.

☹️ Teurer, da zwei Kanäle verlegt werden müssen.

Abb. 8-9 Kanalisationssysteme im Vergleich

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage



### Möglichkeiten und Grenzen der Abwasserreinigung

Die erhöhten Anforderungen im Gewässerschutz haben zu einer Optimierung der Verfahrenstechnik in der Abwasserreinigung geführt, so dass mittlerweile durch die klassische Unterscheidung der 3 Stufen mechanisch-biologisch-chemisch die Vorgänge und Verfahrensabläufe in modernen Kläranlagen nicht mehr angemessen beschrieben werden. Auch verlaufen die Reinigungsprozesse nicht strikt nacheinander, sondern vor allem in der biologischen Reinigungsstufe nebeneinander (simultan). Welches Verfahren in einer Kläranlage angewendet wird, ist abhängig von der Zusammensetzung des Abwassers, der Abwassermenge bzw. Größe der Anlage und den gesetzlichen Vorgaben. Denn Abwasser, das in Gewässer eingeleitet wird, muss bestimmte Mindestanforderungen erfüllen, die regelmäßig überwacht werden. Werden diese nicht eingehalten, müssen erhöhte Abwasserabgaben gezahlt werden.

Grundsätzlich lassen sich vier Stufen der Abwasserreinigung unterscheiden:

1. **Mechanische Reinigung:** Entfernung von absetzbaren Stoffen mit Rechenanlagen, Sieben, Sandfang und Vorklärbecken
2. **(Konventionelle) Biologische Reinigung:** Belebtschlamm- oder Tropfkörperverfahren zur Entfernung leicht abbaubarer organischer Stoffe
3. **Weitergehende Reinigung:** Nährstoffelimination (Nitrifikation, Denitrifikation zur Entfernung von Stickstoff; chemische und biologische Phosphatelimination)
4. **Spezialverfahren:** Nachgeschaltete Flockungsfiltration; Mikro-siebung/-filtration mit Membranen; Desinfektion; Aktivkohle-adsorption

Verfahrenstechnisch ist es also grundsätzlich möglich, die meisten Inhaltsstoffe bis auf geringe Konzentrationen aus dem Abwasser zu entfernen. Dabei ist zu bedenken, dass einige Schadstoffe nur verlagert werden (z. B. Schwermetalle in den Klärschlamm), was zu Problemen bei dessen Verwertung bzw. Entsorgung führt.

Auch bestimmte gelöste organische ► **XENOBIOTICA** mit hohem Umweltisiko (z. B. Pestizide; Arzneimittel, Industriechemikalien) werden im Reinigungsprozess konventioneller kommunaler Kläranlagen nur unvollständig eliminiert. Zu ihrer Reinigung sind die Spezialverfahren erforderlich.

Sollten deshalb aus Gründen des Gewässerschutzes Kläranlagen flächendeckend mit entsprechenden Verfahren ausgerüstet werden?

Spezialverfahren zur Elimination umweltgefährdender Stoffe sind wirkungsvoll, aber auch sehr kostspielig. Statt kommunale Kläranlagen weiter „hochzurüsten“, ist es sinnvoller, wenn problematische Stoffe gar nicht erst mit dem kommunalen Abwasser vermischt werden, sondern schon an der Stelle ihrer Entstehung zurückgehalten oder mit entsprechenden Spezialverfahren gezielt entfernt werden (z.B. stoffspezifische Vorreinigung in Industriekläranlagen, Desinfektion und Mikrofiltration von Krankenhausabwässern).

Außerdem ist bei zukünftigen Investitionen im Gewässerschutz zu bedenken, dass Gewässer nicht nur durch Kläranlagen belastet werden, sondern in erheblichem Maß auch durch diffuse Einleitungen sowie durch Kanalisationseinleitungen. Ein ganzheitlicher Gewässerschutz verlangt, dass auch an diesen Stellen wirksame Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen ergriffen werden. Es macht wenig Sinn, die Investitionen des Gewässerschutzes ausschließlich für die Optimierung der Kläranlagen einzusetzen, solange noch ungereinigtes Abwasser aus Kanalisationseinleitungen und riesige Nährstofffrachten von landwirtschaftlichen Flächen in Bäche und Flüsse eingetragen werden (► **KAP. 6 GEWÄSSERBELASTUNGEN**). Eine gezielte Kosten-Nutzen-Analyse ist wichtig, um die für den Schutz des Gewässers optimale Lösung zu finden.

Grundsätzlich ist Vermeidung immer besser als Beheben. Im Sinne der Nachhaltigkeit ist es eine wichtige Zukunftsaufgabe, in allen Bereichen die Herstellung und den Gebrauch umweltgefährdender Stoffe drastisch zu reduzieren (Einsatz umweltverträglicher Stoffe in Industrie und Haushalt, umweltgerechte Verfahrenstechniken, Kreislaufwirtschaft, etc.).



## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

### Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage

#### ● Mechanische Reinigung

Bei der mechanischen Reinigung werden im Wesentlichen verschiedenste Sedimentations- und Abscheideprozesse angewendet.

In der **Rechenanlage** werden zunächst Grobstoffe (Papier, Holz, Müll) entfernt und der Müllverwertung zugeführt. Im **Sandfang** setzen sich in langen Rinnen Sand, Kies und andere mineralische Bestandteile ab, die meist aus dem Regenwasser stammen. Danach werden in speziellen Fettabscheidern die auf dem Wasser schwimmenden Stoffe abgeschöpft. In einem letzten Sedimentationsbecken (**Vorklärung**) werden die feineren Feststoffe und ausflockbaren Anteile als Schlamm abgesetzt. Etwa 30 % aller Schmutzstoffe werden durch diese erste Reinigungsstufe entfernt.

#### ● (Konventionelle) Biologische Reinigung

Allen biologischen Reinigungsprozessen ist gemeinsam, dass sie durch die Stoffwechseltätigkeit von Bakterien erfolgen, denn diese haben im Vergleich zu höheren Organismen ungleich vielfältigere Möglichkeiten, Stoffe abzubauen und daraus Energie zu gewinnen. Im Prinzip laufen in der biologischen Reinigungsstufe einer Kläranlage in einem technisch optimierten, zeitlich verkürzten Verfahren die gleichen Prozesse ab wie bei der natürlichen Selbstreinigung im Gewässer (► ABB. 8-10). Im **Belebungsbecken** stellt sich eine Biozönose aus Bakterien und Protozoen ein, die die im Abwasser gelösten organischen Stoffe (Kohlenhydrate, Eiweiße und Fette) in Biomasse umwandeln und mineralisieren, dazu ist die Zufuhr von Sauerstoff erforderlich. Mit dem Rücklaufschlamm wird die Belebtschlammbiozönose aufrechterhalten. Überschüssiger Schlamm wird abgezogen und der Schlammbehandlung zugeführt.

In kleineren Kläranlagen wird das **Tropfkörperverfahren** angewendet. Anstelle eines Belebungsbeckens wird das Abwasser durch einen Drehsprenger über einen mit Lava oder Schlacke gefüllten Behälter

versprüht. Tropfkörper weisen eine große Oberfläche auf, auf der ein dichter Biofilm aus Bakterien und Protozoen wächst, die das Wasser reinigen. Dieser Biofilm entspricht prinzipiell dem Bewuchs auf der Substratoberfläche der Gewässersohle bei der natürlichen Selbstreinigung. Ausgeschwemmte Bakterienflocken aus dem Belebungsbecken bzw. dem Tropfkörper werden in der **Nachklärung** nochmals über Sedimentationsprozesse entfernt.

Nach diesem etwa 1-2 Tage andauernden Reinigungsprozess ist das Abwasser zu etwa 90 % gereinigt. Es enthält jedoch noch beträchtliche Mengen Nitrat und Phosphat sowie eine Vielzahl „schwer abbaubarer Stoffe“. Darunter versteht man Stoffe, die innerhalb von 2 Tagen nicht biologisch abgebaut werden können.

#### ● Weitergehende Reinigung – Entfernung der Nährstoffe

Prinzipiell können alle organischen Stoffe tierischen oder pflanzlichen Ursprungs und sogar viele Xenobiotica über Bakterien abgebaut werden, vorausgesetzt, die Bakterien haben die für den entsprechenden Stoffwechselweg optimalen Lebensbedingungen. Die wichtigen neuen Verfahren zur Nährstoffelimination beruhen alle auf biologischen Prozessen und bedeuten nichts anderes, als dass man in geeigneten „Reaktoren“ die Aufenthaltszeit des Abwassers erhöht und die Belüftung variiert, um so das Wachstum und die Aktivität nährstoffabbauender Mikroorganismen gezielt zu fördern.

Weil Nährstoffe die Eutrophierung von Gewässern, auch der Meere, verursachen, gelten zumindest für große Kläranlagen (über 10.000 Einwohnerwerte) erhöhte Anforderungen an die Nährstoffelimination. Deshalb sind in den letzten Jahren viele Kläranlagen mit hohem Kostenaufwand ausgebaut und mit weitergehenden Reinigungsstufen zur Entfernung der Nährstoffe ausgerüstet worden. In den modernen großen Kläranlagen wird Stickstoff biologisch entfernt. Bei Phosphor ist dies prinzipiell auch möglich, doch ist die chemische Phosphatfällung über Eisensalze sehr viel effektiver und kostengünstiger und deshalb nach wie vor üblich. Allerdings ist der dadurch bedingte Salzeintrag in die Gewässer nicht unproblematisch.

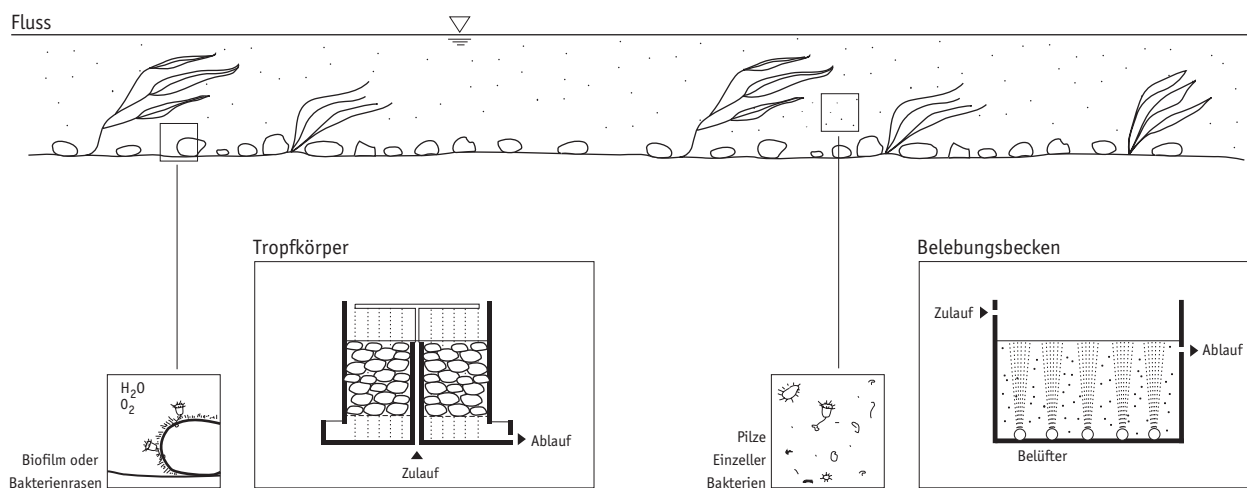


Abb. 8-10 Prinzipiell laufen in der biologischen Reinigungsstufe einer Kläranlage in einem technisch optimierten, zeitlich verkürzten Verfahren die gleichen Prozesse ab wie bei der natürlichen Selbstreinigung im Fließgewässer. (nach MUDRACK/KUNST 1994)

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage



Der **biologischen Stickstoffelimination** liegen die Prozesse des Stickstoffkreislaufs zu Grunde. Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) wird von nitrifizierenden Bakterien (*Nitrosomonas* und *Nitrobacter*) in zwei Schritten über Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) zu Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) oxidiert. Für diesen Vorgang ist Sauerstoff erforderlich. Er findet bereits in der konventionellen biologischen Reinigung statt, kann durch Vergrößerung der Belebungsbecken (= längere Verweildauer) noch entscheidend erhöht werden, weil die nitrifizierenden Bakterien nur sehr langsam wachsen. Außerdem ist die Nitrifikation temperaturabhängig.

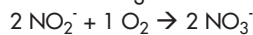
### Nitrifikation



1. Schritt: Bildung von Nitrit *Nitrosomonas*

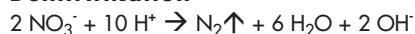


2. Schritt: Bildung von Nitrat *Nitrobacter*



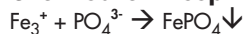
Das entstandene Nitrat kann durch denitrifizierende Bakterien zu Luftstickstoff ( $\text{N}_2$ ) veratmet werden. Der Stickstoff aus dem Abwasser löst sich praktisch in Luft auf. Allerdings geschieht die **Denitrifikation** nur unter anaeroben Bedingungen. Zur Entfernung des Nitrats muss der Belebtschlamm nach der Nitrifikation in unbelüftete Becken gepumpt werden.

### Denitrifikation



Weil bestimmte Bakterien unter Stressbedingungen bei ständigem Wechsel von anaeroben und aeroben Bedingungen wesentlich mehr Phosphor aufnehmen als normal (bis zu 5% ihrer Trockenmasse) und als Reservestoff in Form von Polyphosphatgranula einlagern, kann auch Phosphat biologisch entfernt werden. In der Kläranlagen mit **biologischer Phosphatelimination** bleibt der Belebtschlamm noch länger in der Biologischen Reinigungsstufe und wird in kurzem Wechsel durch anaerobe und aerobe Becken geführt. Auf diese Weise können etwa 60% des Phosphats entfernt werden. Das restliche Phosphat muss chemisch entfernt werden. Als Fällungsmittel werden zwei- und dreiwertige Eisensalze (Eisen(III) chlorid oder Eisen(II) sulfat) eingesetzt, die an unterschiedlichen Stellen des Klärprozesses zugegeben werden. Eisenphosphat fällt in schwer löslichen Flocken aus.

### Chemische Phosphatfällung



Je nachdem, ob das Fällungsmittel vor, während oder nach dem Belebungsbecken zugeführt wird, spricht man von Vor-, Simultan- oder Nach-

fällung. Manche Kläranlagen haben zur Entfernung des ausgefällten Phosphats eine Flockungsfiltration (meist einen Sandfilter) nachgeschaltet.

### ● Schlammbehandlung

Bei allen Prozessschritten der Abwasserreinigung fallen große Mengen an Klärschlamm an: In der Bundesrepublik Deutschland jährlich etwa 48 Mio t. Klärschlamm enthält zum größten Teil Wasser, ansonsten organische Substanzen (v.a. Bakterienbiomasse), aber auch alle abgetrennten Schadstoffe (z.B. Schwermetalle, Xenobiotica). In Faultürmen wird der Klärschlamm unter Luftabschluss in etwa 20 Tagen weitgehend mineralisiert. Das dabei entstehende Gas besteht zu 30 % aus  $\text{CO}_2$  und zu 70 % aus Methangas und kann zum Heizen verwendet werden. Der getrocknete Klärschlamm ist aufgrund seines Nährstoff- und Kalkgehaltes prinzipiell ein hochwertiger Dünger für die Landwirtschaft. Dies ist im Sinne einer Kreislaufwirtschaft auch anzustreben, jedoch in der Praxis aufgrund des Schadstoffgehaltes problematisch. Werden die Grenzwerte der Klärschlammverordnung überschritten, muss der Klärschlamm deponiert oder verbrannt werden.

### ● Spezialverfahren

Spezialverfahren zur weitergehenden Reinigung des Abwassers wie nachgeschaltete Flockungsfiltration, Mikrofiltration, Desinfektion oder Aktivkohleadsorption werden in kommunalen Kläranlagen in der Regel nicht angewendet. Sie werden vor allem zur gezielten, stoffspezifischen Reinigung industrieller Abwässer eingesetzt.

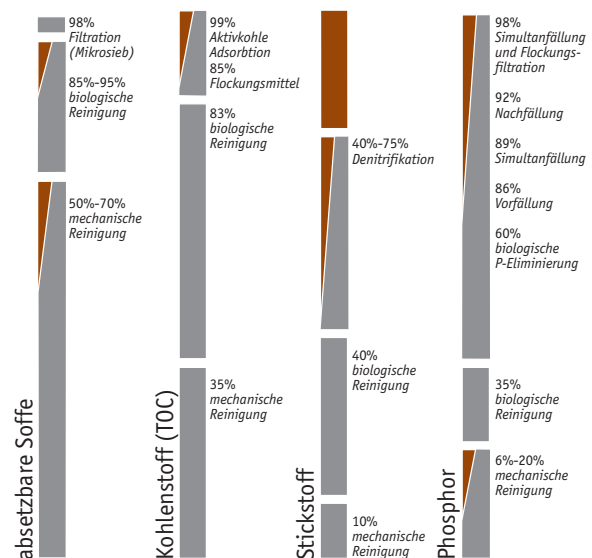


Abb. 8-11 Reinigungsleistung von Kläranlagen (nach KUMMERT/STUMM 1988)

Infos:  
[www.bmu.de/sachthemen/gewaesser/](http://www.bmu.de/sachthemen/gewaesser/)



- ▶ M 8.1
- ▶ M 8.2
- ▶ M 8.3.1
- ▶ M 8.3.2

### Zielgruppe

Klasse 5-7

### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Sozialkunde, Projektunterricht

### Ziele

- den Zusammenhang zwischen Wasserbenutzung und Gewässergefährdung durch Abwassereinleitungen erkennen
- sich der ökologische Bedeutung der Abwasserreinigung bewusst werden
- den Weg des Abwassers vom Ausguss bis zur Kläranlage verfolgen
- Verfahrensschritte der Abwasserreinigung aus Text und Abbildung erschließen

### Allgemeine Hinweise

Die Materialien für sind für eine größere Unterrichtseinheit „Wasserverbrauch, Abwasser und Kläranlage“ vorgesehen und ergänzen einander. Das Thema hat direkten Schülerbezug. Jeder benutzt und verschmutzt Wasser. Je nach Zielsetzung und Zeitrahmen kann vertieft werden. Nach Möglichkeit sollten die Schülerinnen und Schüler selbst tätig werden (eigenen Wasserverbrauch ermitteln, Situation in der Schule und in der Gemeinde erkunden, Kläranlage besuchen ▶ M 8.6).

Lösung ▶ M 8.1, Aufgabe 2

#### Wasser, das in die Kanalisation geleitet wird

1. Wasch- und Badewasser (Bad)

2. Toilettenabwasser

3. Abwaschwasser (Küche)

4. Waschwasser (Waschmaschine)

5. Putzwasser

6. Regenwasser (Straße)

7. Regenwasser (Dach)

### Durchführung/Aufgabenstellungen

#### ● M 8.1 Entstehung von Abwasser

**X** Welche Arten von Schmutzwasser fließen in der Kanalisation zusammen? Welche Stoffe verunreinigen das Wasser und lassen es zu Abwasser werden?

(Lösung siehe unten)

#### ● M 8.2 Der Weg des Abwassers – Kanalisationssysteme

Der Lückentext wird nach der Abbildung ausgefüllt.

**X** Suche auf einem Stadtplan die Kläranlage, in die das Abwasser eurer Schule eingeleitet wird. In welchem Bach oder Fluss landet es?

#### ● M 8.3.1/8.3.2 Alles klar? – So funktioniert eine Kläranlage

Der Text (Ausschneidebogen) und die Abbildung (Aufklebebogen) gehören zusammen. Zunächst wird der Lückentext auf dem Ausschneidebogen (M 8.3.1) ausgefüllt. Dann werden die einzelnen Stationen der Kläranlage richtig zugeordnet, ausgeschnitten und auf den Aufklebebogen (M 8.3.2) geklebt.

#### Verunreinigungen

Seife, Körperpflegemittel

Fäkalien, Papier

Essensreste, Spülmittel

Waschmittel, Schmutzstoffe

Putzmittel, Schmutzstoffe

Reifenabrieb, Motorenöl, Sand, Staub, Hundekot, Streusalz

Ausgewaschene Luftschadstoffe, Abgase

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

### Aus den Augen aus dem Sinn?



#### Vertiefungsmöglichkeiten

##### ● Wasserverbrauch ermitteln

✗ Ermittle den Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall

- an einem Tag
- für dich selbst
- für deine Familie (Wasseruhren ablesen, Wassermengen abmessen, etc.)
- für eure Schule

✗ Denke dabei auch an den „versteckten“ Wasserverbrauch durch Schwimmbadbenutzung, Verbrauch in der Schule, etc.

► ABB. 8.3.

✗ Liegt der festgestellte Wasserverbrauch über oder unter den Durchschnittswerten? Vergleiche mit den Angaben in

► ABB. 8.4.

✗ Welche Möglichkeiten gibt es, Wasser zu sparen?

Konkrete Anleitungen zur Ermittlung des Wasserverbrauchs gibt es in vielen Unterrichtsleitungen zum Thema Wasser z.B. in STASCHEIT/KNEIP (1991).

Hände waschen	2-5 l	1
Duschbad	40-80 l	4
Wannenbad	115-180 l	12
Toilettenspülung	6-15 l	1
Geschirrspülen von Hand	10-25 l	2
Geschirrspülen Maschine	20-40 l	2
Waschmaschinengang	65-120 l	7
Benutzung einer Autowaschanlage	80 l	8

● entspricht zehn Liter Wasser

Abb. 8-12 Orientierungswerte für den Wasserverbrauch (aus MUTSCHMANN/STIMMELMAYR 1995)

Medien:

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT: Jeder Tropfen zählt. Informationen zum Trinkwassersparen. Broschüre. Wiesbaden.

MÖNTER, B. (1992): Mittendrin. Ohne Wasser läuft nichts. Berlin. Wolfgang Mann Verlag, Berlin.

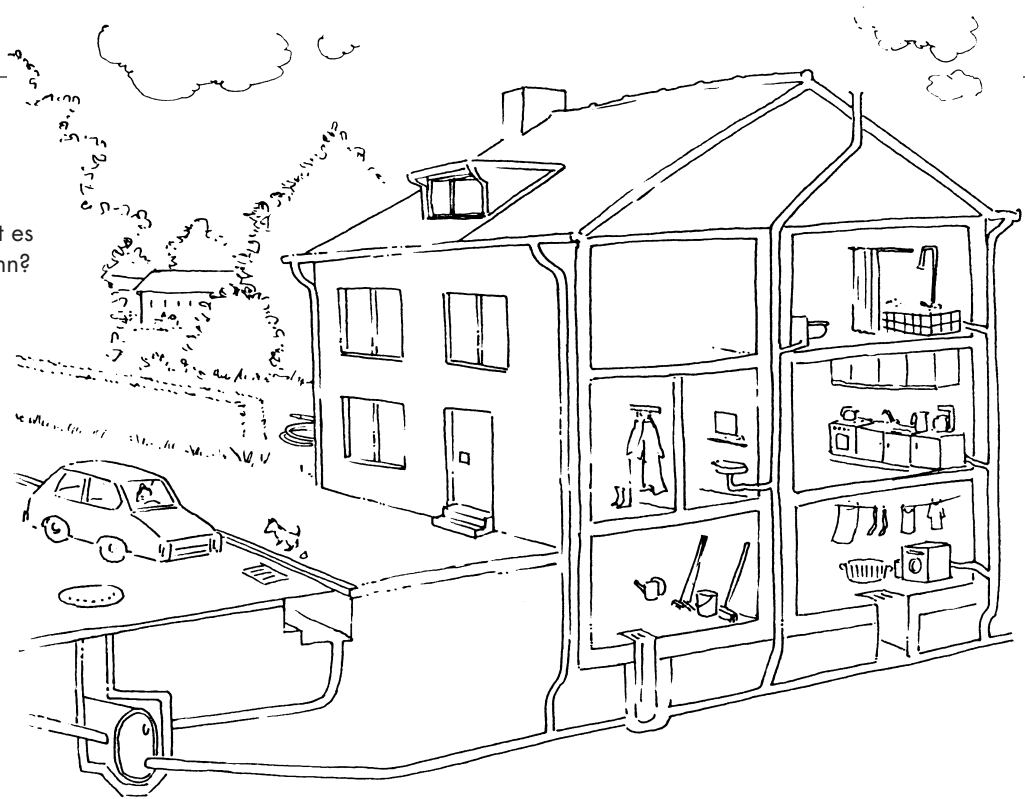
STASCHEIT, W.; KNEIP, W. (1991). Wasser erforschen und erfahren. Verlag an der Ruhr. Mülheim.





## Aus den Augen aus dem Sinn? Entstehung von Abwasser

Wasser wird benutzt und verschmutzt. Danach verschwindet es im Ausguss...und dann? Das Bild zeigt dir, was alles in der Kanalisation zusammenfließt.



Aufgaben

1. Zeichne mit Pfeilen ein, von wo aus Wasser in die Kanalisation gelangt.
2. Welche Arten von Schmutzwasser fließen in der Kanalisation zusammen? Welche Stoffe verunreinigen das Wasser und lassen es zu Abwasser werden?

Wasser, das in die Kanalisation geleitet wird	Verunreinigungen
① _____	_____
② _____	_____
③ _____	_____
④ _____	_____
⑤ _____	_____
⑥ _____	_____
⑦ _____	_____

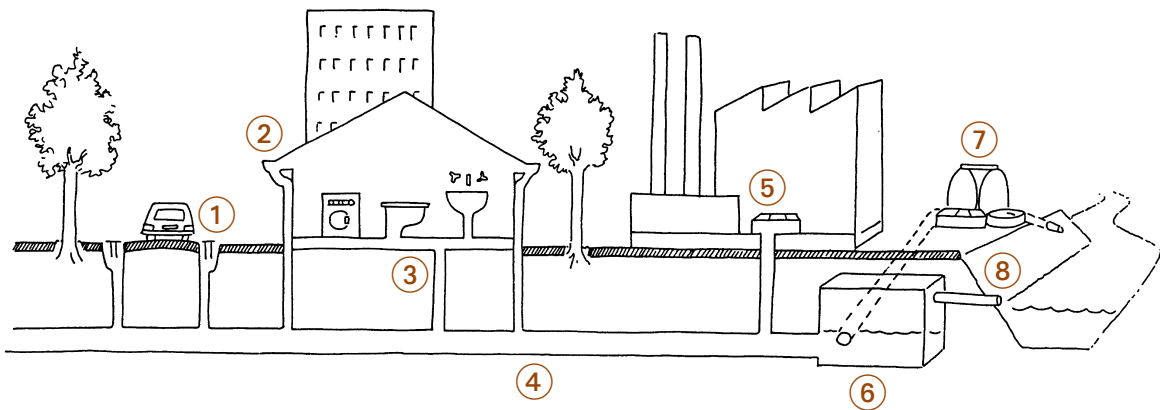
3. Ist es sinnvoll, auch Regenwasser in die Kanalisation zu leiten?
4. Was passiert mit dem Abwasser, wenn es in der Kanalisation angekommen ist?

## Der Weg des Abwassers – Die Kanalisation



Aufgabe

Trage die Zahlen aus der Abbildung in den Lückentext ein.



Abwasserbehandlung ist weit mehr als die Reinigung von Abwasser in einer Kläranlage. Das in WC, Bad, Küche, etc. anfallende **Haushaltsabwasser** (1) wird in der **Kanalisation** (2) gesammelt. Industriebetriebe müssen besonders problematische Abwässer (z.B. wenn Schwermetalle oder andere biologisch nicht abbaubare (Gift-)Stoffe enthalten sind) vor dem Einleiten in die öffentliche Kanalisation in eigenen **Industriekläranlagen** (3) vorreinigen, um die kommunale Kläranlage nicht zu überlasten. Außerdem wird verschmutztes Regenwasser von Straßen und (Park-)Plätzen über **Gullis** (4) in die Kanalisation geleitet, häufig auch das Regenwasser von **Dachflächen** (5). Das gesammelte Abwasser wird in eine kommunale **Kläranlage** (6) geleitet und dort gereinigt. Bei heftigen und lang andauernden Regenfällen kann plötzlich ein Vielfaches der sonstigen Wassermenge in die Kanalisation geraten und es besteht die Gefahr, dass der Kanal überläuft und das Schmutzwasser womöglich durch Rückstau aus Gullis und Toiletten gedrückt wird. Um dies zu verhindern, gibt es spezielle **Regenbecken** (7), die größere Wassermengen speichern können. Sie haben einen Überlauf, der, wenn das Speichervermögen des Regenbeckens überschritten ist, einen Teil des Abwassers in ein Gewässer einleitet. (**Mischwassereinleitung**) (8) Regenbecken fangen vor allem den ersten, stark verschmutzten Wasserstoß bei Regenfällen auf.



# Alles klar!? So funktioniert eine Kläranlage (Ausschneidebogen)

## Aufgaben

1. Nummeriere die einzelnen Stationen im Text und in der Abbildung und ergänze die fehlenden Begriffe.
2. Schneide die Stationen aus und klebe sie in der richtigen Reihenfolge auf das Arbeitsblatt – So funktioniert eine Kläranlage (Aufklebebogen). Nun hast du ein vollständiges Info-Blatt zur Abwasserreinigung.
3. Male die Abbildung farbig aus: rot = mechanische Reinigungsstufe; gelb = biologische Reinigungsstufe; braun = Schlammbehandlung.

<p>Station: <input type="radio"/></p>	<p>Danach folgt ein Becken, in dem das Abwasser längere Zeit bleibt. Diese Ruhezeit ist im _____ ganz wichtig, um bestimmte Schmutzstoffe abzutrennen. Schlamm aus dem Abwasser setzt sich am Boden ab. Fett und Öl dagegen sammeln sich an der Wasseroberfläche. Über spezielle Räummaschinen werden die im _____ abgetrennten Stoffe herausgeholt.</p>	<p>Die auffälligen großen runden Becken sind in vielen Kläranlagen die letzte Station der Abwasserreinigung. Im _____ geht es wieder ruhig zu, denn hier müssen sich die Bakterienflocken aus dem _____ absetzen. Sie werden über eine Schliebevorrichtung entfernt und teilweise wieder zurück in das Belebungsbecken gepumpt. Erst dann wird das gereinigte Abwasser in den Fluss geleitet.</p>
<p>Station: <input type="radio"/></p>	<p>Zunächst muss das Abwasser über ein _____ (das aussieht wie eine Schnecke und auch so heißt) angehoben werden, damit es in freiem Gefälle durch die einzelnen Stationen der Kläranlage fließen kann.</p>	<p>Der _____ wird getrocknet und kann, – wenn er keine Giftstoffe enthält – als wertvoller Dünger in der Landwirtschaft genutzt werden.</p>
<p>Station: <input type="radio"/></p>	<p>Im _____ brodelt's und blubbert's. Das Leben tobt im wahren Sinne des Wortes, denn das Becken ist voll von winzigen Lebewesen: Bakterien und Einzeller, die sich von den Schmutzstoffen ernähren und sie so aus dem Abwasser entfernen. Damit sie optimal arbeiten können, wird in das Becken ständig Luft eingeblasen.</p>	<p>In der nächsten Station fließt das Abwasser ganz langsam durch ein Becken. Dieses nennt man _____, weil dort Sand, Schotter und Kies aus der Straßenkanalisation abgefangen werden, indem sie sich absetzen. Auch für diese Stoffe steht ein Container für die Abfuhr zur Mülldeponie bereit.</p>
<p>Station: <input type="radio"/></p>	<p>Im Abwasser befinden sich die unglücklichsten Dinge: Windeln, Zigarettenskippen, Kleidungsstücke; auch Kinderspielzeug und Zahnbürsten wurden schon gefunden. Diese Dinge, die alle eigentlich gar nicht in den Abfluss oder die Toilette gehören, werden mit anderen groben Stoffen als erstes entfernt. Dies geschieht im _____ Das Abwasser fließt durch dicht angeordnete Gitterstäbe, an denen der Unrat hängenbleibt und herausgeholt wird.</p>	<p>Schon von weitem sind die _____ zu sehen. In ihnen wird der gesamte Schlamm, der während der Abwasserreinigung anfällt, gesammelt. Und auch hier sind Millarden von Bakterien damit beschäftigt, den Schlamm zu zersetzen – diesmal ohne Luftzufuhr. Das dabei entstehende Biogas wird häufig zum Heizen der Kläranlage benutzt.</p>

# Alles klar!? So funktioniert eine Kläranlage (Aufklebebogen)



X	<p><b>So funktioniert eine Kläranlage</b></p> <p style="font-size: small;">Rohschlamm, Rücklaufschlamm und Überschussschlamm sind Klärschlämme.</p>	X	X	X	X
---	---	---	---	---	---

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



- ▶ M 8.4.1
- ▶ M 8.4.2

# Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

## Alles dicht? – Kanalisation, Regenwasser und Flächenversiegelung

### Zielgruppe

Ab Klasse 8

### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Erdkunde

### Ziele

- Kanalisation als einen Teil der Abwasserbehandlung erkennen, d.h. Zusammenhang zwischen Wasserverbrauch, Kläranlage und Gewässerschutz begreifen
- Funktionsweise der verschiedenen Kanalisationstypen und deren Bedeutung für den Gewässerschutz anhand von Abbildungen und Informationstexten kennenlernen
- Problematik der Flächenversiegelung kennenlernen

### Durchführung/Aufgabenstellungen

Zunächst sollten die Schülerinnen und Schüler versuchen, soviel Information wie möglich aus den Abbildungen zu entnehmen. Der Infotext (▶ M 8.4.2) hilft bei der Überprüfung des Erarbeiteten und bei der Vertiefung.

✗ Beschrifte die einzelnen Kanalisationssysteme.

✗ Das Wasser in der Kanalisation ist unterschiedlich verschmutzt. Zeichne die Schmutzstoffe im Kanal mit Pünktchen ein:

wenig Pünktchen = wenig Verschmutzung, viele Pünktchen = viel Verschmutzung

✗ Es beginnt zu regnen. Was passiert mit dem Regenwasser? Zeichne!

Lösungen ▶ ABB. 8-13

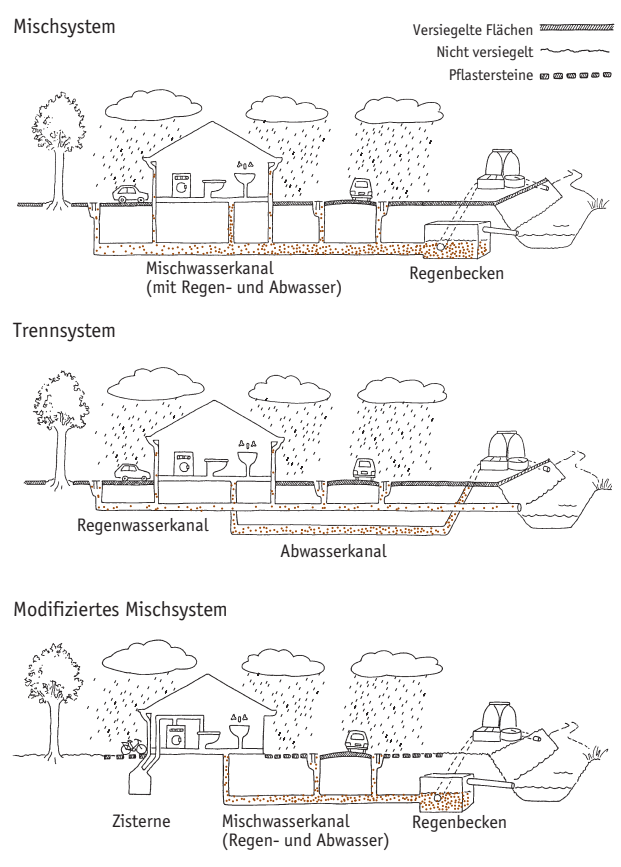


Abb. 8-13 Kanalisation und Regenwasserbehandlung



## Alles dicht? – Kanalisation, Regenwasser und Flächenversiegelung

### Vertiefungsmöglichkeiten

#### ● Vergleich der Kanalisationstypen

**X** Welche Vor- und Nachteile haben die vorgestellten Möglichkeiten der Regenwasserbehandlung aus der Sicht des Gewässer- und Grundwasserschutzes?

#### ● Lokalerkundung Kanalisation

**X** Erkundet, was in eurem Wohngebiet/eurer Schule mit dem Regenwasser passiert!

**X** Wird das Regenwasser genutzt oder fließt es komplett in die Kanalisation?

**X** Gibt es eine Misch- oder Trennkanalisation?

**X** Gibt es Baustellen, die einen Blick in die Kanalisation ermöglichen? Interviewt die Kanal- bzw. Bauarbeiter.

**X** Wo sind Regen(rückhalte)becken?

Mischkanalisationen erkennt man an jeweils einem Kanaldeckel auf der Strasse. Bei Trennkanalisationen liegen zwei Kanaldeckel nebeneinander. Auskünfte lassen sich auch beim Amt, das für Kanalisation und Kläranlage zuständig ist, einholen (bei der Stadt- bzw. der Gemeindeverwaltung nachfragen). Manche Städte bieten auch Kanalisationsbesichtigungen an.

#### ● Projekt: Alles dicht? – Lokalerkundung Versiegelung

**X** Was haben Flächenentsiegelung und Regenwasserversickerung mit Hochwasserschutz zu tun? Welche Argumente gibt es noch, die für das Entsiegeln und Versickern sprechen?

**X** Zeichnet die versiegelten Flächen eures Schulhofes/eures Wohngebietes/eurer Stadt bzw. Gemeinde in einen Plan ein. Erarbeitet Vorschläge zur Verbesserung. Vielleicht gibt es Möglichkeiten, die Umsetzung auf den Weg zu bringen.

Zu den Themen Regenwasserbehandlung, Regenwassernutzung und Hochwasser haben Landesministerien informative Broschüren herausgegeben, die in der Regel kostenlos zu beziehen sind. Adressen siehe Anhang.

### Ergänzungsmaterial

- ▶ M 7.1 WOHER BEKOMMT DER FLUSS DAS WASSER?
- ▶ M 7.2 GEWÄSSERSCHUTZDETEKTIVE UNTERWEGS

#### Literatur:

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT: Entsiegeln und Versickern. Informationen zur durchlässigen Befestigung von Oberflächen und zur Versickerung von Regenwasser. Broschüre. Wiesbaden.

HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT: Wasser in Hessen – Zwölf beispielhafte Projekte zum umweltgerechten Umgang mit Wasser. Broschüre. Wiesbaden.


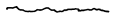
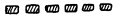
HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT: Nutzung von Regenwasser. Broschüre. Wiesbaden.

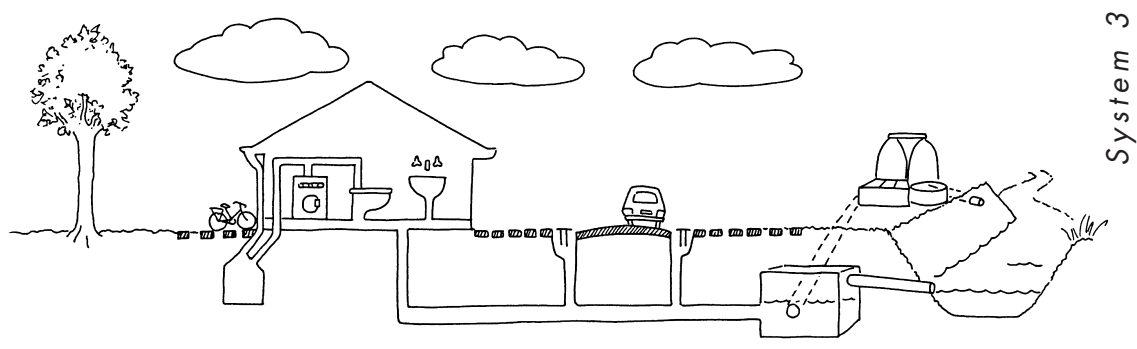
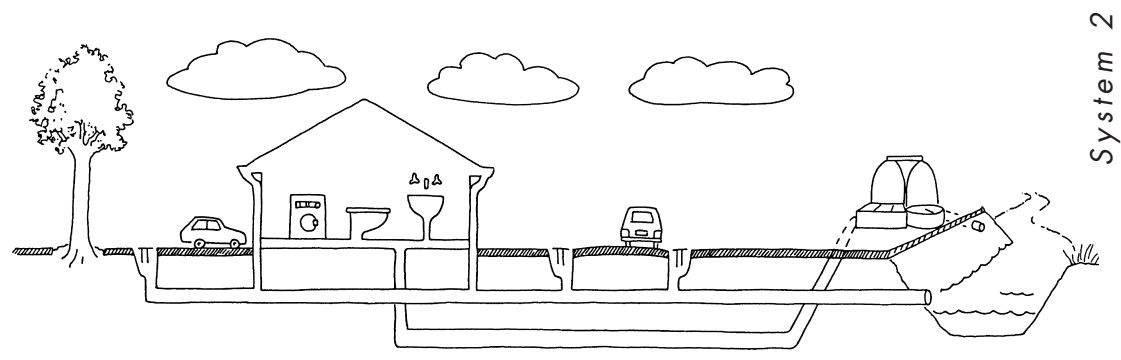
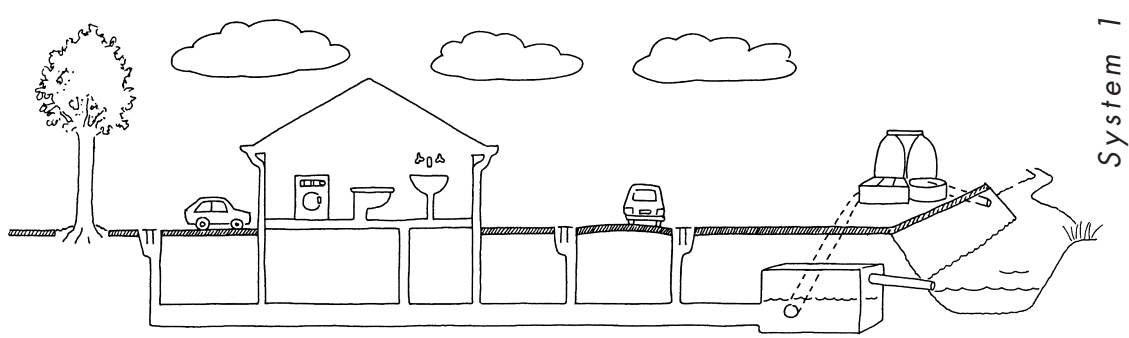


# Alles dicht? – Kanalisation, Regenwasser und Flächenversiegelung

Aufgabe

Beschreibe die einzelnen Kanalisationssysteme.  
Was passiert mit dem Abwasser?  
Was passiert mit dem Regenwasser?

-  Versiegelte Fläche
-  Nicht versiegelt
-  Pflastersteine



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



## Alles dicht? – Kanalisation, Regenwasser und Flächenversiegelung

### Infotext **Mischkanalisation**

Bei der Mischkanalisation werden Haushaltsabwasser und das (Regen-)Wasser von Oberflächen in einem gemeinsamen Kanal gesammelt. Bei diesem Kanalisationstyp können bei heftigen Regenfällen plötzlich große Wassermengen in die Kanalisation gelangen, über die dann ein Vielfaches der üblichen Wassermenge transportiert und zur Kläranlage geleitet werden muss. Um zu verhindern, dass der Kanal überläuft und das Schmutzwasser womöglich durch Rückstau aus Gullis und Toiletten gedrückt wird, gibt es spezielle Regenbecken, die größere Wassermengen speichern. Ist die Wassermenge jedoch größer als die Kapazität von Kanal und Regenbecken, wird das Wasser vom Regenbecken über ein Überlaufrohr in das nächste Gewässer eingeleitet. Weil der Kanal auf diese Weise „entlastet“ wird, spricht man auch von einer „Mischwasserentlastung“.

Allerdings gelangt durch Mischwassereinleitungen ein höchst problematisches Gemisch von Regenwasser und ungereinigtem Abwasser in die Gewässer. Zu erkennen sind solche „Entlastungsereignisse“ an Kloppapier und sonstigen Toilettenartikeln im und am Gewässer, besonders nach Hochwasser. Problematisch sind Mischwassereinleitungen aus ökologischer Sicht nicht nur wegen der Wasserverschmutzung, sondern vor allem wegen der Belastung der Gewässer durch das plötzliche Auftreten künstlicher Hochwässer bei starken Regenfällen: Riesige Wassermengen gelangen plötzlich in das Gewässer, die Fließgeschwindigkeit erhöht sich, es kommt zu einer starken Eintiefung vor allem kleinerer Bäche. Außerdem werden bei einer Hochwasserwelle viele Kleintiere aus ihrem Lebensraum schlicht und einfach weggespült (verdriftet).

### **Trennkanalisation**

Ein anderer Kanalisationstyp ist die Trennkanalisation. Dort werden jeweils zwei Kanalsysteme verlegt. Neben dem Abwasserkanal, in dem die häuslichen und industriellen Abwässer zur Kläranlage geführt werden, gibt es einen gesonderten Kanal, in dem das Regenwasser gesammelt wird. Dieser mündet direkt in das Gewässer und das Wasser wird in der Regel nicht gesondert gereinigt. Dies ist dann problematisch, wenn das Regenwasser (z.B. von stark befahrenen Straßen oder Hofflächen) stark verschmutzt ist. Die Verlegung eines zusätzlichen Kanalsystems ist relativ teuer und es kommt immer wieder dazu, dass bei Arbeiten am Kanal (z.B. bei Neubauten) Schmutz- und Regenwasserkanal verwechselt werden.

### **Die andere Möglichkeit: Flächen entsiegeln, Regenwasser nutzen**

Um die Gewässer zu schützen und den Wasserkreislauf nicht zu unterbrechen, ist es sinnvoll, von vornherein (sauberes) Regenwasser aus der Kanalisation zurückzuhalten und nicht mit Abwässern zu vermischen. Deshalb gibt es nur ein Kanalsystem (wie bei der Mischkanalisation), in das das Abwasser aus Haushalten, Industrie und auch das verschmutzte Regenwasser von viel befahrenen Straßen und Betriebsflächen eingeleitet wird. Dieses Schmutzwasser wird in der Kläranlage gereinigt. Auch hier gibt es Regenbecken mit Überläufen zu einem Gewässer, um bei starken Regenfällen den Kanal zu entlasten. Doch kommt dies viel seltener vor als bei der Mischkanalisation, denn: Nicht verschmutztes Regenwasser (z.B. von Dächern) wird überhaupt nicht in die Kanalisation geleitet. Es muss ja auch nicht gereinigt werden, sondern kann genutzt werden: da, wo man kein reines Trinkwasser braucht (z.B. zum Wäsche waschen, für die Toiletenspülung, zur Bewässerung, etc.). Was nicht gebraucht wird, versickert im Boden (dazu dürfen die Flächen natürlich nicht versiegelt sein) und wird so wieder dem Grundwasser zugeführt.







► M 8.5

# Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

## So funktioniert eine Kläranlage

### Zielgruppe

Ab Klasse 7

### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Sozialkunde

### Ziele

- Funktionsweise einer Kläranlage aus Text und Bild entwickeln
- Vorgang der Abwasserreinigung beschreiben können
- erkennen, dass in einer Kläranlage auf technischem Wege ein natürlicher Prozess des Ökosystems Gewässer (Selbstreinigung) verwirklicht wird

### Allgemeine Hinweise

Die Schülermaterialien ► M 8.5 sind für die Sekundarstufe I gedacht. Für die Sekundarstufe II sollte zur Erläuterung der Funktionsweise einer Kläranlage Material aus den Sachinformationen zur Verfügung gestellt werden (Referat!).

### Durchführung/Aufgabenstellungen

✗ *Stelle die wichtigsten Verfahrensschritte der Abwasserreinigung in einer tabellarischen Übersicht zusammen. Was wird wo und wie entfernt?*

Reinigungsstufe	Welche Stoffe werden entfernt?	Wo und wie?
Mechanische Reinigungsstufe		
Biologische Reinigungsstufe		
Weitergehende Abwasserreinigung		

Lösungen siehe ► SACHINFORMATION, SEITE 143

### Vertiefungsmöglichkeiten (Sek. II)

#### ● Abwassergebühren ein Politikum?

✗ *Mit den schärferen gesetzlichen Anforderungen an die Abwasserreinigung werden viele Kläranlagen modernisiert und ausgebaut; dies ist meist mit höheren Abwassergebühren verbunden.*

✗ *Wieviel kostet die Reinigung von 1 m<sup>3</sup> Abwasser in eurer Gemeinde? Vergleiche mit der Entwicklung der durchschnittlichen Abwassergebühren in Deutschland.*

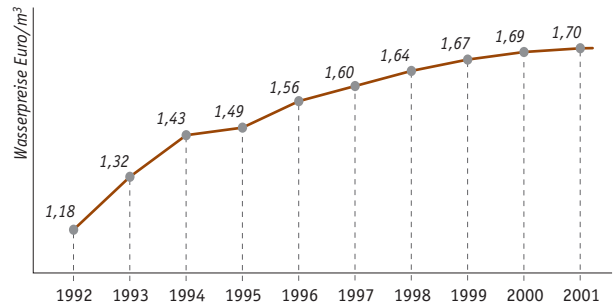


Abb. 8-14 Entwicklung der Wasserpreise in Deutschland 1992 - 2001. (Jahresbericht der Wasserwirtschaft 2001)

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

### So funktioniert eine Kläranlage



✗ Wie groß ist die Bereitschaft der Bevölkerung mehr zu zahlen, um damit zum Schutz der Gewässer beizutragen? Gibt oder gab es vor Ort einen Abwasserstreit? Verfolgen Sie die Berichterstattung in der Presse (► M 4.2) und die jeweiligen Argumente.

#### ● Abwasserreinigung – ein biologischer Vorgang

✗ Ein Putzmittel wirbt damit, dass es „zu 99 % biologisch abbaubar“ ist. Was bedeutet das?

✗ In einer Kläranlage findet die natürliche Selbstreinigung, zu der jedes ökologisch intakte Gewässer fähig ist, in konzentrierter, vom Menschen technisch gesteuerter Form statt. Erklären Sie diese Aussage. (► ABB. 8-15)

✗ Informieren Sie sich über die biochemischen und verfahrenstechnischen Vorgänge bei der biologischen Abwasserreinigung, besonders der weitergehenden Nährstoffelimination (Nitrifikation, Denitrifikation, biologische Phosphorelimination).

Die Aufgabe ist geeignet für Referate. ► SACHINFORMATIONEN

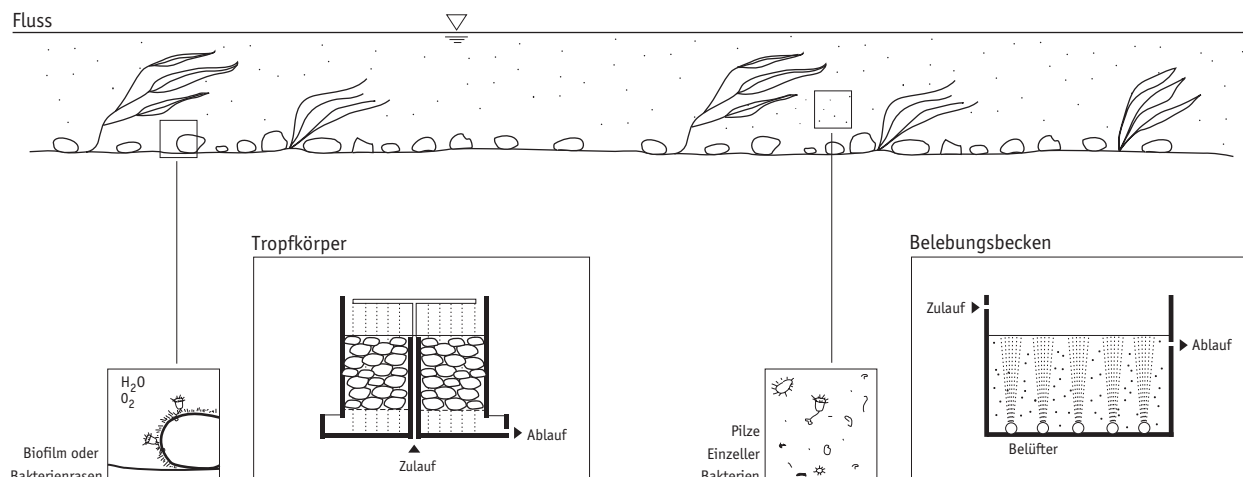


Abb. 8-15 Vergleich der Vorgänge in der biologischen Klärstufe mit der Selbstreinigung im Gewässer. (nach MUDRACK/KUNST 1994)

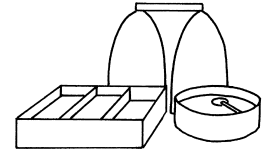
#### Literatur:

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

MUDRACK, K; KUNST, S. (1994): Biologie der Abwasserreinigung. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart. 4. Aufl.



## So funktioniert eine Kläranlage



Das Abwasser der Stadt oder Gemeinde (aus Haushalten, Fabriken, Schulen und Krankenhäusern zum Beispiel) wird in einem weit verzweigten Kanalsystem gesammelt und der Kläranlage zugeleitet. Dort wird es über ein schneckenförmiges **Hebewerk** angehoben, damit es in freiem Gefälle durch die Kläranlage fließen kann.

### Mechanische Reinigungsstufe

Zu Beginn der Abwasserreinigung müssen alle groben Bestandteile entfernt werden. Dazu fließt das Abwasser zunächst durch den sogenannten **Rechen**. Dies sind dicht angeordnete Gitterstäbe, an denen Klopapier, aber auch Unrat, der eigentlich gar nicht in die Toilette gehört, wie Plastiktüten, Kleidungsstücke usw. hängenbleibt und herausgeholt wird. Danach durchfließt das Abwasser langsam den **Sandfang**. Hier setzen sich schwere Stoffe wie Sand, Schotter und Kies ab. Fett und Öl sammeln sich an der Wasseroberfläche. Durch spezielle Schieber werden die abgetrennten Stoffe herausgeholt. Feinere Schwebstoffe setzen sich in der nächsten Station, dem **Vorklärbecken**, als Schlamm ab. Damit ist die mechanische Reinigungsstufe abgeschlossen und es sind etwa 30 % der Schmutzstoffe entfernt.

### Biologische Reinigungsstufe

Die Entfernung der noch enthaltenen Schmutzstoffe ist komplizierter, da sie im Abwasser gelöst sind. Zum Glück gibt es in der Natur eine Vielzahl von Mikroorganismen – das sind Bakterien und Einzeller –, die sich von diesen Stoffen ernähren und sie in Zellmaterial, Kohlendioxid und Wasser umwandeln. Dazu brauchen sie Sauerstoff. Bietet man ihnen optimale Lebensbedingungen, das heißt Nahrung und Sauerstoff, vermehren sie sich in großer Zahl. Genau dies ist das Prinzip der biologischen Reinigungsstufe, die im **Belebungsbecken** stattfindet. Der Sauerstoff kann dort auf unterschiedliche Weise zugeführt werden: Entweder belüften große Quirle oder Rührer das Abwasser oder es wird über sogenannte Tropfkörper geleitet, auf denen sich ein großflächiger Bakterienrasen ansiedelt. Es breiten sich jeweils die Arten aus, deren „Lieblingsspeise“ im Abwasser enthalten ist. So kann sich eine Kläranlage in gewissem Maße auf unterschiedliches Abwasser einstellen. Anschließend durchfließt das gereinigte Abwasser noch ein **Nachklärbecken**. Hier setzen sich die Rückstände aus dem Belebungsbecken als Schlamm ab. Ein Teil wird als **Rücklaufschlamm** zurück in das Belebungsbecken gepumpt, damit dort immer genügend Mikroorganismen vorhanden sind. Der andere Teil (**Überschussschlamm**) geht in die Schlammbehandlung. Auf diese Weise können die organischen Stoffe aus Haushaltsabwässern weitgehend entfernt werden. Weil in den letzten Jahrzehnten sehr viele Kläranlagen gebaut wurden und kaum noch ungereinigtes Abwasser in ein Gewässer geleitet wird, sind die Bäche und Flüsse sehr viel sauberer geworden. Stinkende Kloaken, in denen alles Leben vom Abwasser erstickt ist, gibt es kaum noch.



## So funktioniert eine Kläranlage

### Weitergehende Abwasserreinigung

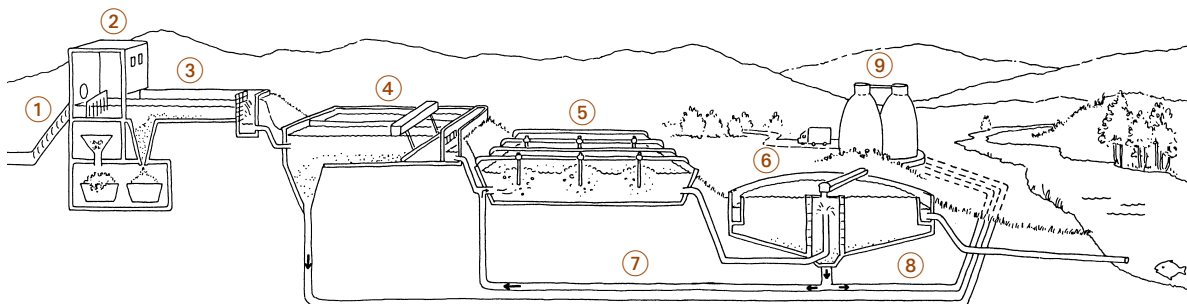
Allerdings können nach der biologischen Reinigung noch Nährstoffe, d.h. Stickstoff- und Phosphorverbindungen sowie schwer oder nicht biologisch abbaubare Schmutzstoffe enthalten sein, die das Gewässer belasten. Je nach Inhaltsstoff gibt es ganz unterschiedliche Verfahren, die an verschiedenen Stellen im Abwasserreinigungsprozess zwischengeschaltet werden können. Man fasst sie als weitergehende Abwasserreinigung zusammen. Da diese meist aufwendig und teuer sind, gibt es sie nur in wenigen großen Kläranlagen.

Am bekanntesten ist die Entfernung von Phosphat durch **chemische Fällung** mithilfe von Eisen- oder Aluminiumsalzen (=chemische Reinigungsstufe). Dies kann vor, während oder nach der biologischen Stufe geschehen. Viele größere Kläranlagen werden in letzter Zeit um- und ausgebaut, um Stickstoff und Phosphor durch biologische Prozesse zu entfernen (**► Nitrifikation, ► Denitrifikation, biologische Phosphorelimination**). Die Kunst besteht darin, für den Nährstoffabbau spezialisierte Bakterien zu züchten, denen man für ihre Tätigkeit bestimmte Lebens- und Arbeitsbedingungen bieten muss. Dies geschieht durch einen gezielten Wechsel von Sauerstoffzufuhr und Sauerstoffentzug sowie durch genaue Kontrolle der Aufenthaltszeiten des Abwassers. Zur weitergehenden Abwasserreinigung gehören auch Verfahren, die biologisch nicht abbaubare Stoffe zurückhalten. Dies können ganz unterschiedliche chemische Prozesse, aber auch Filtrationsvorgänge sein. Sie werden vor allem in speziellen Industrie-Kläranlagen angewendet.

### Schlammbehandlung

Während der Abwasserreinigung fällt eine große Menge Schlamm an. Dieser Schlamm wird in den **Faultürmen** behandelt. Mikroorganismen, die ohne Sauerstoff auskommen, zersetzen hier die Reste ihrer Vorgänger aus dem Belebungsbecken. Dabei entsteht brennbares „Biogas“ (Methan), das zum Heizen der Kläranlage benutzt werden kann. Der behandelte Schlamm wird anschließend getrocknet und er kann, wenn keine Schadstoffe enthalten sind, in der Landwirtschaft als Dünger eingesetzt werden.

Die Abwasserreinigung ist gesetzlich vorgeschrieben. Wie eine Kläranlage dann konkret ausgebaut wird, ist abhängig von der zu behandelnden Abwassermenge und der Zusammensetzung des Abwassers.



- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| ① _____ | ④ _____ | ⑦ _____ |
| ② _____ | ⑤ _____ | ⑧ _____ |
| ③ _____ | ⑥ _____ | ⑨ _____ |



► M 8.6

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

### Erkundung einer Kläranlage

#### Zielgruppe

Ab Klasse 8

#### Fachbezug

Biologie, Chemie, Lernbereich Naturwissenschaften, Sozialkunde, Projektunterricht

#### Ziele

- am Beispiel Kläranlage eine kommunale Einrichtung des technischen Umweltschutzes kennenlernen
- erkennen, dass jeder Einwohner einer Kommune und damit auch jeder Schüler selbst Abwasser erzeugt, das gereinigt werden muss
- theoretisch bekannte Verfahrensschritte auf einer technischen Anlage wiedererkennen.

#### Allgemeine Hinweise

Kläranlagen sind beliebte Exkursionsziele für Schulgruppen; zu Recht, denn sie bieten die Möglichkeit, schulnah eine kommunale Einrichtung des technischen Umweltschutzes, speziell des Gewässerschutzes kennenzulernen, die direkten Schülerbezug hat: Jeder ist an der „Erzeugung“ des Abwassers, das hier gereinigt wird, beteiligt. Allerdings beschränkt sich ein Kläranlagenbesuch in vielen Fällen auf das Mitlaufen bei einer Führung durch einen mehr oder weniger engagierten Kläranlagenmitarbeiter und für viele bleibt als Eindruck lediglich: „es stinkt“. Um dies zu vermeiden, sollten die Schülerinnen und Schüler die Anlage aktiv erkunden. Eine gründliche Vorbereitung ist unerlässlich. Nach Möglichkeit sollten die Fragen im Unterricht selbst entwickelt bzw. ergänzt werden.

#### Vorbereitung

##### ● Im Unterricht

Die Vorgänge der Abwasserreinigung in einer Kläranlage sollten in groben Zügen bekannt sein (► M 8.5), denn so einfach das grundsätzliche Verfahren der Abwasserreinigung ist, so vielfältig und deshalb auf den ersten Blick oft unübersichtlich sind die jeweiligen technischen Lösungen vor Ort.

Das Problembewusstsein für die Notwendigkeit der Abwasserreinigung sollte geweckt sein – Abwasserreinigung ist ein Beitrag zum Gewässerschutz. (► M 6.1)

##### ● Organisatorisches

Vor der Besichtigung muss ein Termin vereinbart werden! Wer für die Entsorgung und Reinigung des Abwassers zuständig ist, kann bei der Stadt- bzw. Gemeindeverwaltung erfragt werden (dies sind häufig die Städtischen Werke oder „Entwässerungsbetriebe“). Viele Gemeinden haben den Bereich der Abwasserreinigung inzwischen privatisiert. Bei größeren Kläranlagen ist es am einfachsten, direkt zur Anlage zu gehen. Kleinere Anlagen sind nicht durchgängig besetzt. Bei einem Vorgespräch kann man den Ablauf der Besichtigung mit dem Klärwärter besprechen und möglicherweise Material zur Vorbereitung abholen (zum Beispiel einen Plan der Kläranlage; große Kläranlagen bieten eigene Informationsbroschüren an). Auch Schülerinnen und Schüler können die Terminvereinbarung und die Vorbesprechung übernehmen.

#### Durchführung

Die Schülerinnen und Schüler befragen Mitarbeiter der Kläranlage nach dem Fragebogen (kann nach Belieben ergänzt bzw. selbst entwickelt werden).

##### ● Variante: Kläranlagenführung durch Schülergruppen

Bei der Kläranlagenbesichtigung ist jeweils eine Gruppe für die Erläuterung einer Kläranlagenstation verantwortlich, über die sie sich im Voraus ausführlich informiert hat. Die Anzahl der Stationen sollte vorher festgelegt werden. Da in der Regel aus Sicherheitsgründen ein Kläranlagenmitarbeiter bei der Führung dabei ist, kann dieser auch zu den einzelnen Stationen interviewt werden. Dazu müssen die Gruppen vorher jeweils gezielte Fragen formulieren.

##### ● Einen Übersichtsplan zeichnen

Von einem günstigen Aussichtspunkt der Kläranlage (z.B. den Faultürmen) zeichnen die Schülerinnen und Schüler einen Plan der Anlage, benennen die einzelnen Stationen und markieren den Weg des Abwassers mit Pfeilen. Einfacher ist es, dies auf einem bereits vorhandenen Plan der Anlage, der für alle kopiert wurde, zu tun.

## Abwasser, Kanalisation und Kläranlage

### Erkundung einer Kläranlage



#### Vertiefungsmöglichkeiten (Sek.II)

##### ● Eigene Abwasseruntersuchungen

Aus den verschiedenen Reinigungsstufen (Zulauf Belebung, Ablauf Belebung, Ablauf Nachklärung = Einleitung in das Gewässer) entnehmen die Schülerinnen und Schüler Proben zur Analyse spezifischer Parameter ( $BSB_5$ ,  $NH_4$ ,  $NO_3$ ,  $PO_4$ ). Zur Analysemethodik ► KAR. 12.

**! Achtung! Proben nur mit Genehmigung der Kläranlage entnehmen, Sicherheitsvorkehrungen beachten! Gummihandschuhe anziehen, Abwasser ist infektiös!**

✗ Stellen Sie die Abnahme der Stoffe durch die einzelnen Klärstufen graphisch dar.

✗ Vergleichen Sie die Ergebnisse mit den Ergebnissen der Eigenüberwachung der Kläranlage und mit den gesetzlichen Vorgaben.

##### ● Mikroskopische Untersuchungen des Belebtschlammes

Zur mikroskopischen Analyse werden Proben mit Belebtschlamm aus der biologischen Reinigungsstufe entnommen. Sie ist einfach durchzuführen und für Schülerinnen und Schüler sind die Vielzahl der Protozoen sehr faszinierend und anschaulich. Weiteres bei VATER-DOBBBERSTEIN (1982) und APEL (1984).

Die mikroskopische Analyse des Belebtschlammes gehört zum festen Untersuchungsprogramm größerer Kläranlagen und dient u.a. zur Bewertung der Funktionsfähigkeit der biologischen Reinigungsstufe.

##### ● Gesetzliche Vorschriften zur Abwasserreinigung

✗ Informieren Sie sich beim Kläranlagenpersonal über die gesetzlichen Vorschriften zur Abwasserreinigung und der Überwachung von Kläranlagen (z.B. Gesetzliche Mindestanforderungen ► ABB. 8-17, Eigenkontrollverordnung, Abwasserabgabe).

✗ Ist es sinnvoll, dass es diese Fülle von Vorschriften gibt? Wie beurteilen Kläranlagenmitarbeiter die strengen Vorschriften?

##### ● Andere Möglichkeiten der Abwasserreinigung

✗ Informieren Sie sich über andere Möglichkeiten der Abwasserreinigung.

Möglichkeiten und Grenzen erkunden und diskutieren (Kleinkläranlagen, Abwasserteiche, Wurzelraumkläranlagen, Verrieselung, Spezialverfahren wie Mikrofiltration, Desinfektion, Industriekläranlagen, etc.). Dieses Thema sollte nach Möglichkeit mit Erkundungen vor Ort verbunden werden. Fachlich gute und verständliche Darstellung der Abwasserreinigungsverfahren in KLEE (1991) und MUDRACK/KUNST (1991).

#### Ergänzungsmaterial

- M 6.1 WOHER BEKOMMT DER FLUSS DAS WASSER?
- M 3.3 SELBSTREINIGUNG VON FLIESSGEWÄSSERN

Größe der Kläranlage (Einwohnerwerte)	CSB [mg/l]	BSB <sub>5</sub> [mg/l]	NH <sub>4</sub> -N [mg/l]	N <sub>ges. anorg.</sub> [mg/l]	P <sub>ges</sub> [mg/l]
< 1000	150	40	keine	keine	keine
< 5000	110	25	keine	keine	keine
< 10.000	90	20	10	keine	keine
< 100.000	90	20	10	18	2
> 100.000	75	15	10	18	1

Abb. 8-17 Gesetzliche Mindestanforderungen an die Reinigungsleistung von Kläranlagen (nach Abwasserordnung 2002)

#### Literatur

- APEL, J. (1984): Die Rolle der Einzeller bei der Reinigung von Abwässern. *Unterricht Biologie*, 97:36-44  
 KLEE, O. (1991): *Angewandte Hydrobiologie. Trinkwasser, Abwasser, Gewässerschutz*. Thieme-Verlag. Stuttgart.  
 MUDRACK, K; KUNST, S. (1994): *Biologie der Abwasserreinigung*. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart. 3. Aufl.  
 STASCHEIT, W.; KNEIP, W. (1991). *Wasser erforschen und erfahren. Das Element Wasser für die Klassen 8-11*. Verlag an der Ruhr. Mülheim.  
 VATER-DOBBBERSTEIN, B.; HILFRICH, H. (1982): *Versuche mit Einzellern. Experimente für Lehrer und Schüler*. Francksche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart.



# Erkundung einer Kläranlage

Jede Gruppe bildet ein Expertenteam für einen Themenkomplex, stellt bei der Besichtigung der Kläranlage die Fragen und kann in der Nachbereitung im Plenum die Fragen ausführlich erläutern. Der Fragebogen ist lediglich ein Vorschlag und ist beliebig zu variieren!

## I. Was kommt hier an? Herkunft des Abwassers

1. Von wie vielen Menschen wird Abwasser behandelt? \_\_\_\_\_
2. Welche Arten von Abwasser werden in der Anlage behandelt?
  - aus Haushalten
  - aus Fabriken/Industrie; wenn ja, welche? \_\_\_\_\_
  - Regenwasser
3. Wieviel kostet die Abwasserreinigung? \_\_\_\_\_

## II. Was geht hier vor sich? Vorgang der Abwasserreinigung

1. Welche Reinigungsstufen gibt es in der Anlage? Was geschieht in den einzelnen Stufen? (Rückseite)
  - mechanische Abwasserreinigung \_\_\_\_\_
  - biologische Abwasserreinigung \_\_\_\_\_
  - weitergehende Abwasserreinigung \_\_\_\_\_
2. Wie werden die Nährstoffe (Stickstoff und Phosphor) entfernt? \_\_\_\_\_

## III. Wie war's damals? Geschichte der Kläranlage, Arbeiten auf der Kläranlage

1. Wann wurde die Kläranlage gebaut? \_\_\_\_\_
2. Wie wurde davor das Abwasser gereinigt? \_\_\_\_\_
3. Wurde die Kläranlage nach dem Bau erweitert oder gibt es Pläne, sie zu erweitern? \_\_\_\_\_
4. Gibt es in der Gemeinde noch Gebiete, die nicht an die Kanalisation angeschlossen sind? \_\_\_\_\_  
Wie wird dort das Abwasser gereinigt? \_\_\_\_\_
5. Wieviele Menschen arbeiten auf der Kläranlage? Was tun sie? \_\_\_\_\_  
(ihr könnt sie auch einzeln interviewen, bitte vorher Fragen überlegen)

## IV. Was kommt heraus? Klärschlamm und Gewässer

1. Was passiert mit dem Klärschlamm? \_\_\_\_\_
2. In welches Gewässer wird das gereinigte Abwasser eingeleitet? \_\_\_\_\_
3. Müssen manchmal ungereinigte Abwässer in den Fluss geleitet werden? \_\_\_\_\_
4. Gibt es Schwierigkeiten wegen Geruchsbelästigung? \_\_\_\_\_

## V. Was kann jede(r) einzelne(r) tun, um die Arbeit in der Kläranlage zu erleichtern?

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Freizeitnutzung



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 164											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
9.1 Ein Sonntag am Fluss	▶ 168	●	-	-	-	-	●	-	●	●	-	-
9.2 Kanufahren verbieten!?	▶ 170	▶	●	-	-	-	●	-	●	●	-	-
9.3 Fragebogenaktion – Freizeit am Fluss	▶ 172	▶	●	-	●	-	-	-	●	●	-	●





### Freizeitnutzung – ein Umweltproblem?

Während die Umweltbelastungen, die durch Zersiedlung, Verkehr oder Landwirtschaft entstehen, im öffentlichen Bewusstsein als Probleme erkannt sind, wird die Bedeutung von Freizeit- und Erholungsnutzung als Belastungsfaktor immer noch unterschätzt. Dabei nimmt die Freizeitnutzung z.B. in der Nähe großer Städte, in Urlaubsgebieten oder in vielen Naturschutzgebieten als Belastungsfaktor Platz 1 ein. (► ABB. 9.1)

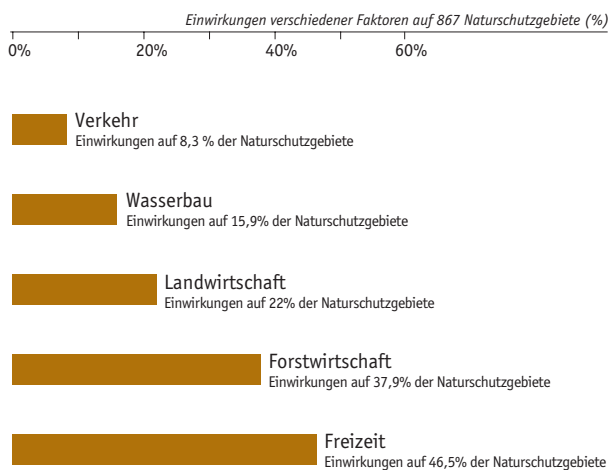


Abb. 9-1 Belastungsfaktoren von 867 Naturschutzgebieten in der Südhälfte der Bundesrepublik.  
(aus PLACHTER 1991 nach HAARMANN/PRETSCHER 1988)

Folgende Fakten machen die Problematik deutlich:

- Naturerlebnis- und Extremsportarten wie Mountainbiking, Klettern, Drachenfliegen etc. entwickeln sich stellenweise zu Massensportarten. Ständig werden neue „erfunden“, die jeweils ihre spezielle immer aufwendiger werdende Ausrüstung, einschließlich Outfit erfordern. Dabei werden immer neue, bislang von Menschen wenig frequentierte Gebiete erschlossen. Besonders betroffen sind davon zunehmend empfindliche Lebensräume, die gleichzeitig letzte Rückzugsräume für bedrohte Arten sind (Feuchtgebiete, Trockengebiete, Hochgebirge, etc.).
- In Deutschland werden an jedem Wochenende bis zu 25 Mio. Ausflüge und Kurzreisen in Naherholungsgebiete, darunter viele Naturschutzgebiete, unternommen. An schönen Wochenenden fahren bis zu 70% aller Einwohner von Großstädten ins Grüne, die meisten von ihnen mit dem Auto (BARTH 1995).
- Mit zunehmender Verstädterung und Entfremdung der Menschen steigt die Sehnsucht nach „ursprünglicher Natur“.
- Die Tourismusbranche entwickelt sich zu einer der weltweit größten Industriezweige und ist als solcher den Gesetzen des Marktes unterworfen (BARTH 1995). Natur wird von vielen Menschen noch immer als ökonomisch unbegrenzt nutzbare Ressource angesehen.

Die Auswirkungen der Freizeitnutzung auf naturnahe Ökosysteme sind sehr unterschiedlich und häufig sehr komplex. Für Gewässer und gewässerbegleitende Biotope sind folgende Auswirkungen von Bedeutung:

- **Optische und akustische Störungen** durch Lärm und Unterschreiten der Fluchtdistanz, führen bei Tieren zu Stress und verminderter Vitalität. Störungen jeglicher Form allein durch die Anwesenheit von Menschen sind ein herausragender Belastungsfaktor vor allem bei Säugetieren und Vögeln, wobei die Toleranz gegenüber Störungen weitgehend artspezifisch ist.

Einige Vogelarten fühlen sich bereits gestört und fliehen, wenn ein Mensch oder auch ein frei herumlaufender Hund sich auf wenige hundert Meter nähert. Die Beeinträchtigungen sind außerdem abhängig von der Anzahl der anwesenden Menschen, der Verweildauer und der Jahreszeit. Werden die Störungen auf bestimmte Gebiete begrenzt (z.B. auf Wanderwege) und treten regelmäßig auf, gewöhnen sich viele Arten daran. Ungünstig dagegen sind unregelmäßige und lange Aufenthalte sowie das Nichteinhalten von Schutzzonen. Bedrohlich empfinden viele Tierarten unbekannt und unberechenbare Situationen: Das plötzliche Einfallen eines Mountainbike-Fahrers ins Unterholz; einen Angler, der auch nachts ans Wasser kommt; Kanufahrer, die zu jeder Tages- und Jahreszeit auf dem gesamten Gewässer herumpaddeln und lärmern.

- **Jede Tierart benötigt Rückzugsräume** und Ruhezeiten, in denen sie vor Störungen sicher ist. Gibt es diese nicht, geraten die Tiere in z.T. lebensbedrohlichen Stress, haben keine Ruhe, Nahrung zu suchen und vergeuden überdies unnötig Energie. Für Vögel sind Störungen während der Brutzeit besonders verheerend: Die Eier oder Jungvögel unterkühlen oder werden leichte Beute von Nesträubern. Werden die Störungen zu stark, wandern manche Arten (z.B. Eisvogel oder Flussregenpfeifer) auch ganz ab. An ihre Stelle treten dann robustere Arten wie Stockenten, Blässhühner und Schwäne. Ihnen machen die Störungen nichts aus. Im Gegenteil: Sie sammeln sich zu Hunderten an bekannten Futterplätzen und sorgen dort für neue Probleme wie Wasserverschmutzung und Uferzerstörung. Bei Fischen ist die Laichzeit und die Zeit kurz nach dem Schlüpfen der Larven eine besonders sensible Phase. Paarfindung, Paarung und Eiablage sind bei vielen Arten mit bestimmten langwierigen Verhaltensabläufen verbunden. Paddel- und Motorboote können diese Prozesse empfindlich stören.

## Freizeitnutzung



▪ **Direkte Zerstörungen von Tier- und Pflanzenbeständen.** An vielen Flüssen ist ein ständiger Rückgang besonders von Kieselsteinen (Forelle, Äsche, Barbe, Mühlkoppe, Elritze u.a.) zu beobachten, der u.a. mit der Zunahme des Bootsverkehrs in Zusammenhang zu bringen ist. (Störung des Laichvorganges, Verwirbelung des Laichsubstrates durch Paddel).

Auch Pflanzen sind von direkten Zerstörungen betroffen: Anlegemanöver von Booten an den immer gleichen unbefestigten Uferstellen lassen eine Pflanzendecke schließlich ganz verschwinden. Ähnliche Auswirkungen haben Trampelpfade. Auch der Wellenschlag von Motorbooten führt zur Zerstörung der Ufervegetation und dann zu Erosionserscheinungen. Immer wieder reißen „Naturfreunde“ seltene Pflanzen aus oder entfernen störende Äste und Buschwerk.

▪ **Flächenverbrauch:** Je mehr Menschen ein Gebiet zur Freizeit nutzen, desto mehr wird die Einrichtung einer entsprechenden Infrastruktur erforderlich: Asphaltierte Wege, Parkplätze, Campingplätze oder Versorgungseinrichtungen (Kiosks, Restaurants, etc.) verbrauchen Flächen.

▪ **Verunreinigung von Wasser, Boden und Luft:** Der zunehmende Freizeitautoverkehr belastet die Umwelt durch Abgase, Benzin und Öl. Auch Motorboote tragen zu Wasser- und Luftverschmutzungen bei.

Freizeitaktivitäten	Auswirkungen
<b>Wandern, Spaziergehen, Radfahren</b>	Optische und akustische Störungen von Tieren Blockierung von Brut- und Aufenthaltsplätzen Trittschäden Schäden an Pflanzen Wasserverschmutzung und Abfallablagerungen Erschließungseinrichtungen (Wege, Parkplätze)
<b>Kanu- und Floßfahrten</b>	Optische und akustische Störungen (besonders schwerwiegend, da von Wasserseite) Uferschäden durch anlegende Boote
<b>Motorbootfahren, Wasserski</b>	Optische und manchmal akustische Störungen Wasserverschmutzung (Öl, Treibstoff, Abfall) Uferschäden (Wellenschlag und Anlanden)
<b>Angeln</b>	Optische Störungen Ausbildung von Ansitzen am Ufer, Trittschäden (dauerhaftes) Blockieren von Brut- und Aufenthaltsplätzen
<b>Baden</b>	Optische und akustische Störungen Schäden an Ufer- und Wasserpflanzen Erschließungseinrichtungen (Parkplätze, Liegewiesen, etc.) Wasserverschmutzung
<b>(Wildes) Campen</b>	Optische und akustische Störungen Blockierung von Brut- und Aufenthaltsplätzen Brand- und Trittschäden Wasserverschmutzung durch Abwasser
<b>Mountainbikes</b>	Optische und akustische Störungen Schäden an Pflanzen und Boden (Erosion) Erschließung störungsarmer Gebiete

Abb. 9-2 Freizeitaktivitäten am Gewässer und wichtige Auswirkungen auf die Natur (nach PLACHTER 1981).



### Lösungen?

Freizeit- und Erholungsnutzung in der Natur kann und sollte nicht vollständig verboten werden. Der Mensch hat das Recht und das Bedürfnis, sich in seiner Freizeit in der Natur bewegen und erholen zu können. Naturerleben ist wichtige Voraussetzung, um für Natur- und Umweltschutzbelange zu sensibilisieren und Verständnis zu wecken. Problematisch ist jedoch, wenn dieses Naturerleben ohne Grenzen und ohne Lenkung geschieht. Die wichtigsten Maßnahmen zur Vereinbarkeit von Freizeitaktivitäten/Erholung und Naturschutz sind:

- Aufklärung von Menschen über die Auswirkungen ihrer Freizeitaktivitäten (Öffentlichkeitsarbeit).
- Gezielte räumliche und zeitliche Lenkung von Freizeitaktivitäten. Ausgewiesene Erholungsräume stehen den Menschen frei zur Verfügung, während genügend große Zonen zum Schutz der Ökosysteme überhaupt nicht betreten werden dürfen. Diese Taburäume können durch bestimmte Schonzeiten erweitert werden, wobei über den Grund der Lenkungsmaßnahmen wirkungsvoll informiert werden muss. Ein Beispiel ist die Einschränkung des Bootsverkehrs (► M 9.2).
- Konzentration der besonders problematischen, naturgefährdenden (Massen-)Sport- und Freizeitaktivitäten auf wenige, ausgewiesene Zentren.

Vorbildliche Umweltinformations- und Leitsysteme haben Nationalparks und verschiedene Umweltbildungseinrichtungen (► ANHANG, ADRESSENLISTE) entwickelt. Auch in der Tourismusbranche ist man sich des Problems durchaus bewusst. Dies zeigen Initiativen unter dem Schlagwort „sanfter Tourismus“.



Foto: K. Peinisch



Foto: O. Weimer



Foto: O. Weimer

Abb. 9-3 Verschiedene Freizeitnutzungen

# Freizeitnutzung

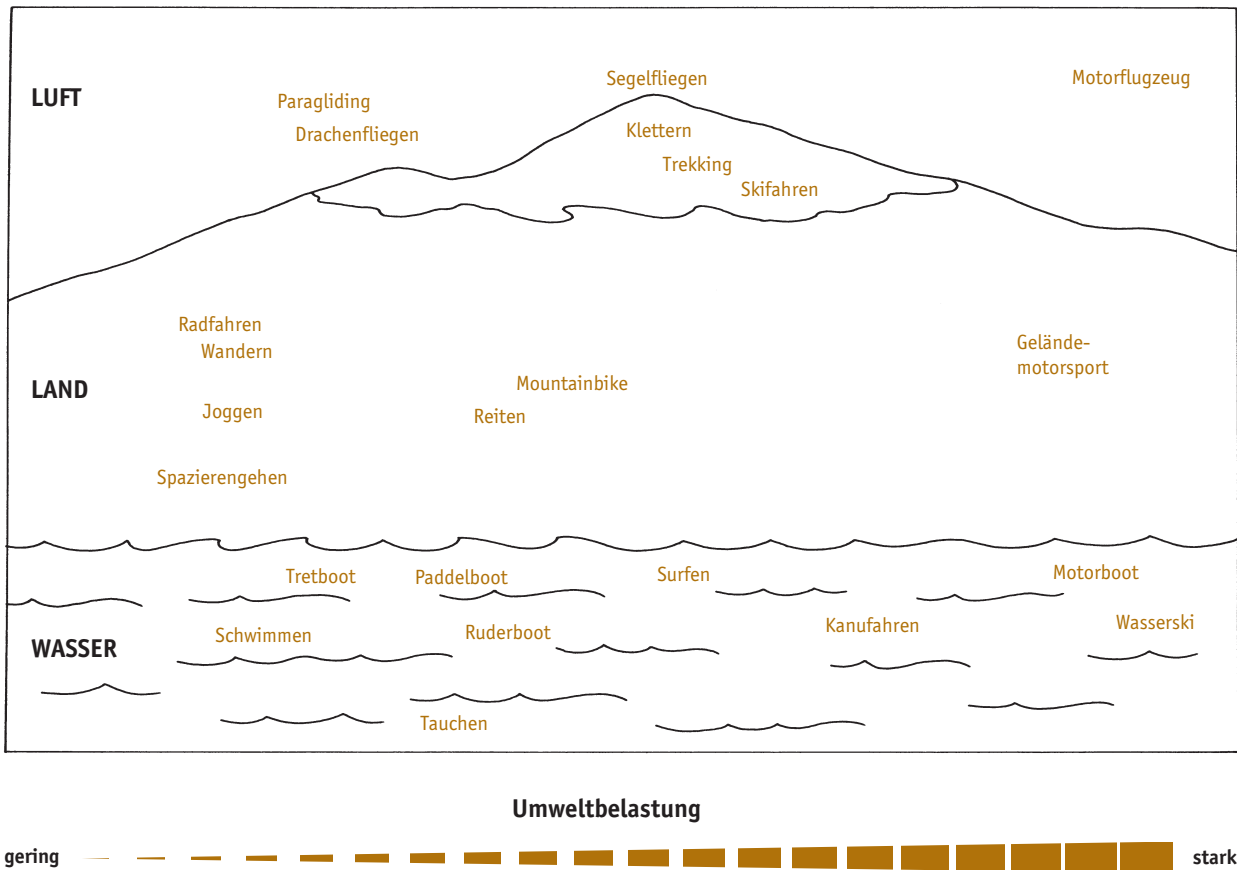


Abb. 9-4 Freizeitaktivitäten und ihre Umweltbelastung (nach HÄRLE 1991, verändert). Die Einstufung ist natürlich schwer zu objektivieren und sehr vom individuellen Verhalten der Menschen abhängig. Zu bedenken ist auch der Landschaftsverbrauch bei der Einrichtung von Infrastrukturen (Wege, Gebäude, Liffe, etc.) sowie die generelle Beanspruchung der Landschaft bei der Ausübung einer Sportart.

Medien:  
 ATV/DWVK (Hrsg.) (2001): Freizeit und Erholung an Fließgewässern. Merkblatt M 603. Bonn.  
 BARTH, W. E. (1995): Naturschutz: Das Machbare. Praktischer Umwelt- und Naturschutz für alle. Ein Ratgeber. Paul Parey. Hamburg.  
 HÄRLE, J. (1991): Freizeitspaß oder Naturerhaltung? Landschaftsbeanspruchende Sportarten im Blickfeld. Praxis Geographie 21 (3):34-39.



► M 9.1

## Freizeitnutzung

### Ein Sonntag am Fluss

#### Zielgruppe

Klasse 5-7

#### Fachbezug

Biologie, Erdkunde, Sozialkunde, Lernbereich  
Naturwissenschaften

#### Ziele

- sich der ökologischen Auswirkungen von Freizeitaktivitäten am Gewässer bewusst werden
- Interessenskonflikte zwischen Freizeitnutzung und Gewässerschutz erkennen
- die Gründe für Einschränkungen von Freizeitaktivitäten zum Schutz von Gewässern und ihrer Lebensgemeinschaften verstehen lernen
- Regeln für ein umweltgerechtes Freizeitverhalten selbst entwickeln und formulieren

#### Durchführung

Hilfen zur Bearbeitung der Aufgaben sind in den

► SACHINFORMATIONEN zu finden.

#### Vertiefung

##### ● Umweltverträglichkeitsprüfung für Freizeitaktivitäten

**X** Die Sonntagsausflügler am Fluss haben – meist ohne sich dessen bewusst zu sein – unterschiedlichen Einfluss auf das Ökosystem Fluss. Welche Freizeitaktivitäten hältst du für umweltverträglich, also harmlos für Tiere und Pflanzen, welche belasten das Ökosystem stärker und müssten reglementiert oder sogar ganz verboten werden? Versuche eine Rangfolge der Umweltverträglichkeit für die verschiedenen Freizeitaktivitäten aufzustellen.

Vergleiche mit ► ABBILDUNG 9-4 „Freizeitaktivitäten und ihre Umweltgefährdung“. Ein vergleichbares Bild lässt sich auf einer Magnettafel anfertigen, auf der die Freizeitaktivitäten (auf Kärtchen geschrieben) verschoben werden können.

##### ● Streitgespräch/Rollenspiel

**X** Der Vertreter einer Naturschutzgruppe geht zu den Pfadfindern und diskutiert mit ihnen über das Kanufahren. Stellt Argumente pro und contra Kanufahren zusammen und führt ein Streitgespräch. Streitgespräche sind auch zwischen Anglern und Kanuten, Spaziergängern und Motorbooffahrern möglich.

##### ● Eigene Hinweisschilder entwerfen

**X** Auch Menschen haben Anspruch auf Erholung und wollen sich am Gewässer aufhalten. Alles zu verbieten nutzt wenig. Wie müssten die Kanufahrer, Angler, Spaziergänger, etc. sich verhalten, um die Auswirkungen auf die Natur möglichst gering zu halten? Entwirf für jede Zielgruppe jeweils ein Hinweisschild, das sie zu umweltgerechtem Verhalten aufruft. Wie müsste es formuliert und gestaltet werden, damit es möglichst wirkungsvoll ist?



### Ein Sonntag am Fluss



„Die Sonne scheint, die Vögel zwitschern, der Fluss glitzert in der Sonne...

Susi und Peter machen sich mit Fernglas und Bestimmungsbuch auf den Weg zum Fluss. Sie haben gehört, dass es hier am Fluss einen Eisvogel geben soll und diesen schönen bunten Vogel wollen sie unbedingt auch einmal sehen.

Auch die Pfadfinder sind heute am Fluss. Zwei Tage wollen sie den Fluss hinunter paddeln. Schlafsack, Zelte und Kochgeschirr im Gepäck. Es war schwierig, für so eine große Gruppe von 40 Leuten Kanus zu mieten, aber dann hat es doch geklappt. Der Bus samt Bootsanhänger bringt sie zu den Uferwiesen. Schade, dass der Parkplatz voll ist, aber nebenan auf der Wiese ist auch noch Platz und die Kanus sind zu schwer, um sie weite Strecken zu tragen. Die Aufregung ist groß und man kann sie weithin hören „Wie sollen wir denn zum Wasser? Hier gibt’s ja keinen Steg zum Ablegen!“ – „Doch, dort hinten führt ein Trampelpfad zum Ufer, dort kann man ganz gut einsteigen.“ – „Aber dieses viele Gestrüpp!“ – „Macht nichts, ich habe ein Taschenmesser dabei...“

Familie Schulze kommt auf dem neu asphaltierten Uferweg dahergeradelt: „Schön, dass endlich ein vernünftiger Weg angelegt wurde, vorher war ein Ausflug am Fluss ja die reinste Abenteuer-Tour und es kann sich doch nicht jeder ein Mountainbike kaufen,“ sagt Frau Schulze. Sie sehen den Kanuten beim Ablegen zu. „Übrigens,“ fragt da Herr Schulze „wo ist eigentlich Waldo?“ Schäferhund Waldo war die ganze Zeit vor ihnen hergelaufen und sollte sich endlich einmal so richtig austoben, schließlich ist er in der Stadt bei jedem Spaziergang an der Leine. „So weit kann er nicht sein, dort drüben sitzt ein Angler, den wir fragen können. – Hey Sie! Haben Sie unseren Hund gesehen?“ Der Angler hört sie gar nicht, weil er mit den Kanufahrern beschäftigt ist: „Zum fünften Mal hängt mir heute einer von denen in den Schnüren. Allmählich geht’s hier auf dem Fluss zu wie auf der Autobahn!“, schimpft er.

Da werden alle von einem ohrenbetäubenden Geräusch abgelenkt: Familie Meyer kommt auf ihrem neuen Turbo-Motorboot dahergedüst. Der Bug steht hoch über dem Wasser, die Kanuten haben Mühe ihre Boote zu halten und dem Angler gelingt es in letzter Minute, sich und seinen Angelkoffer vor der ans Ufer klatschenden Bugwelle in Sicherheit zu bringen...

Und der Eisvogel...?“

Aufgaben

1. Beschreibe den Sonntag am Fluss aus der Sicht des Eisvogels.
2. Es gibt viele Möglichkeiten, sich im und am Gewässer zu vergnügen. Es fallen dir sicher noch mehr ein, als in der Geschichte beschrieben werden. Überlege, welche Auswirkungen die einzelnen Aktivitäten auf die Pflanzen und Tiere und den Fluss selbst haben. Fertige eine Tabelle an:

Freizeitaktivitäten  
am Gewässer

Auswirkungen auf die Natur

Naturbeobachtungen

Kanufahren

Angeln



► M 9.2

## Freizeitnutzung

### Kanufahren verbieten?

#### Zielgruppe

Klasse 7-10

#### Fachbezug

Sozialkunde, Erdkunde, Lernbereich Naturwissenschaften

#### Ziele

- sich der ökologischen Auswirkungen des Kanufahrens bewusst werden
- die Gründe für örtliche und zeitliche Einschränkungen des Kanufahrens zum Schutz von Gewässern und ihrer Lebensgemeinschaften verstehen lernen
- Interessenskonflikt Freizeit und Naturschutz thematisieren und Lösungsmöglichkeiten diskutieren

#### Allgemeine Hinweise

Kanusport erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Immer mehr Schulgruppen machen in Projektwochen, auf Klassenfahrten oder Wandertagen Kanutouren, zum Teil auch gezielt als ökologische Flusserkundung. Im Rahmen einer solchen Veranstaltung sollte unbedingt die Problematik dieser Sportart besprochen werden, um die Schülerinnen und Schüler auf wichtige umweltverträgliche Verhaltensregeln aufmerksam zu machen und Verständnis für etwaige Verbote und Einschränkungen zu wecken.

**Ziel der Unterrichtseinheit soll nicht sein, das Kanufahren ganz und gar zu verbieten, sondern für umweltgerechtes Verhalten zu sensibilisieren!**

Hinweise zur Problematik von Kanusport ► SACHINFORMATIONEN

#### Durchführung/Aufgabenstellungen

✗ *Was haltet ihr von diesem Schild?*

Das zitierte Schild ist in dieser Form fiktiv. In ähnlicher Form jedoch ist es bereits an einigen niedersächsischen Flüssen aufgestellt worden und auch in Hessen wird erwogen, an Flüssen, die durch Bootsverkehr übermäßig frequentiert sind, diesen in ähnlicher Form örtlich und zeitlich einzuschränken.

Im Unterrichtsgespräch können dazu Meinungen und Erfahrungen gesammelt und diskutiert werden.

✗ *Welche Gründe könnten dafür sprechen, den Bootsverkehr einzuschränken?*

Der Kanuverkehr, auch von kommerziellen Anbietern, hat in den letzten Jahren stetig zugenommen und findet mittlerweile das ganze Jahr über statt. („Wildwasserfahren“ bei Herbst- und Winterhochwässern; Abenteuerfahrten im Winter). Auch Ausflugsfahrten für Großgruppen auf Booten und Flößen werden immer mehr angeboten.

Dazu die Graphiken in ► M 9.2 diskutieren.

Viele kieslaichende Fische gehen in ihrem Bestand weiterhin auch da zurück, wo sich die Abwasserbelastung stark verringerte, keine größeren wasserbaulichen Eingriffe erfolgten und auch die fischereiliche Nutzung als Ursache ausgeschlossen werden kann (BINOT 1998). Viele bedrohte Vögel sind (besonders in der Brutzeit) empfindlich gegen optische und akustische Störungen.

Weiteres ► SACHINFORMATIONEN

#### Vertiefungsmöglichkeiten/Projekte

● **Interessenskonflikt Naturschutz-Kanufahren?**

✗ *Entwirf ein besseres Schild.*

Dazu müssen Argumente für (und wider!) die zeitliche und räumliche Einschränkung des Bootsverkehrs gesammelt werden.

► SACHINFORMATIONEN *Über das Schild können die Schülerinnen und Schüler das Erarbeitete zusammenfassen.*

✗ *Informiere dich über Lebensweise, Verhaltensweisen, Vorkommen und Gefährdungsgrad der aufgelisteten Tiere, z.B. über die „Roten Listen“ für Deutschland (BINOT 1998) und Hessen.*

✗ *Informiere dich über Positionen örtlicher Fischereiverbände, Ornithologen- und Naturschutzverbände zum Thema Kanusport (Adressen im ► ANHANG).*

✗ *Frage bei Fremdenverkehrsverbänden nach Angeboten für geführte Kanutouren, Fluss- und Floßfahrten und sonstige kommerzielle Angebote an Vergnügungen am Fluss. Vergleiche die Prospekte. Für wie umweltverträglich hältst du die Angebote?*



## Kanufahren verbieten?

**Liebe Wassersportfreunde!**

Das Befahren des Flusses mit Booten bis 1m Breite und 6m Länge ist erlaubt vom:

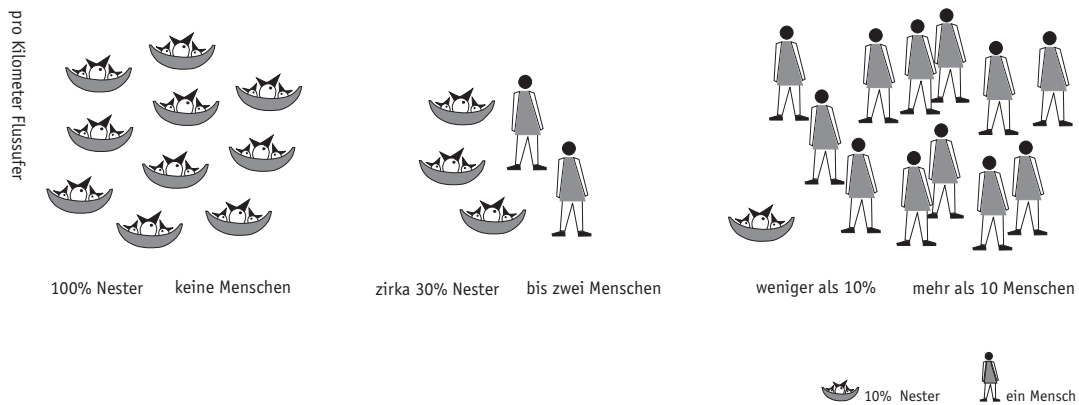
16. Juli bis 30. September von 8 bis 19 Uhr  
und vom  
1. Oktober bis 28. Februar von 8 bis 16 Uhr.

Vom 1.März bis zum 15.Juli darf das Gewässer nicht befahren werden. Das Ein- und Aussteigen ist nur an den gekennzeichneten Stellen zulässig. Motorboote sind gänzlich verboten. Ein Verstoß stellt eine Ordnungswidrigkeit dar.

Der Oberstadtdirektor

Aufgaben

1. Was haltet ihr von diesem Schild?
2. Welche Gründe könnten dafür sprechen, den Bootsverkehr einzuschränken?



Zahl der Wasservogelnester in der Abhängigkeit von Menschen an einem Gewässer (aus BARTH 1995 nach REICHHOLF 1981, verändert)

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Januar
			Eisvogel									
	Wasseramsel											
			Nachtigall									
			Flussregenpfeifer									
			Krickente									
									Bachforelle			
			Äsche									
					Barbe							
			Bachneunauge									
	Mühlkoppe											

Störungsempfindliche Zeiten bei Wasservögeln und Fischen





► M 9.3

## Freizeitnutzung

### Fragebogenaktion – Freizeit am Fluss

#### Zielgruppe

Klasse 7-10

#### Fachbezug

Sozialkunde, Erdkunde, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

#### Ziele

- Durch projektorientiertes Arbeiten das Ausmaß und die ökologische Bedeutung des Kanufahrens und anderer Freizeitaktivitäten am Gewässer selbst vor Ort erforschen

#### Vorbereitung

Der Fragebogen und die Durchführung der Befragung muss vorher im Unterricht besprochen werden. Der Fragebogen ist lediglich ein Vorschlag und sollte entsprechend den örtlichen Gegebenheiten und den im Unterricht besprochenen Schwerpunkten von Schülerinnen und Schülern entwickelt, bzw. modifiziert werden. Vorher muss der Ort, an dem die Befragung durchgeführt wird, ausgesucht werden. Geeignet ist ein größerer Fluss, auf dem sehr viel gepaddelt wird (z.B. Lahn, Diemel, ...).

#### Durchführung

Am günstigsten ist es, die Zählung und Befragung guppenteilig an einem sonnigen (möglicherweise durch Feiertage verlängerten) Wochenende im Frühjahr oder Sommer zwischen 14 und 18 Uhr durchzuführen. Mindestbeobachtungszeitraum: 1 Stunde.

#### Auswertung

- ✗ Stelle deine Ergebnisse auf einer Plakatwand zusammen und suche dir einen geeigneten Ausstellungsort (Aula, Rathaus, Fremdenverkehrsbüro...).
- ✗ Stelle die Ergebnisse der Untersuchung graphisch dar (Säulendiagramme).
- ✗ Suche aus den Interviews typische Zitate heraus.
- ✗ Ergänze die Ausstellung durch Fotos.
- ✗ Mach´ in der Ausstellung auf die grundsätzliche Problematik der Freizeitnutzung aufmerksam und informiere über umweltgerechtes Verhalten in der Natur.
- ✗ Möglicherweise sind auch Naturschutzverbände, Angelvereine, das Fremdenverkehrsbüro oder die Lokalzeitung an den Ergebnissen interessiert.



### Fragebogenaktion – Freizeit am Fluss

Untersuchungsort: \_\_\_\_\_

Untersuchungszeitpunkt: \_\_\_\_\_

Bearbeitet von: \_\_\_\_\_

#### I. Zahlen

- 1. Kanus und Paddelboote \_\_\_\_\_
- 2. Personen in den Booten \_\_\_\_\_
- 3. Motorboote \_\_\_\_\_
- 4. Sonstige Boote (Tret-, Ruderboote) \_\_\_\_\_
- 5. Spaziergänger pro Stunde \_\_\_\_\_
- 6. Fahrradfahrer \_\_\_\_\_
- 7. Freilaufende Hunde \_\_\_\_\_
- 8. Angler/km Ufer \_\_\_\_\_

#### II. Interviewfragen Kanufahrer (für andere Freizeitaktivitäten ggf. passende entwerfen)

- 1. Von woher kommen Sie, wohin fahren Sie? \_\_\_\_\_
- 2. Fahren Sie in einer Gruppe? Wenn ja – Anzahl der Personen: \_\_\_\_\_
- 3. Wenn Sie übernachten, wo tun Sie dies? \_\_\_\_\_

4. Wie oft fahren Sie Kanu?

- einmal im Jahr
- 3-5x im Jahr
- regelmäßig, Sommer und Winter



5. Weshalb fahren Sie Kanu?

- Aus Spaß
- Weil ich mich bewegen möchte
- Weil ich die Natur beobachten möchte
- \_\_\_\_\_

6. Halten Sie Kanufahren für umweltverträglich oder sehen Sie Probleme, wenn ja, welche? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Was halten Sie von einer Beschränkung des Bootfahrens auf 2 Monate im Jahr (August und September) aus Gründen des Naturschutzes?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### III. Ergänzungen/Bemerkungen

auffälliges umweltunverträgliches Verhalten wie Uferzerstörungen, Lärm, etc. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

## Gewässergütebewertung



### Sachinformationen zum Thema

- 10.1 Praxis und Hintergründe der Gewässergütebewertung ▶ 176
- 10.2 Gewässerstrukturgüte – Das äußere Erscheinungsbild ▶ 178
- 10.3 Biologische Gewässergüte – Das Saprobien-system ▶ 180
- 10.4 Chemische Gewässergüte – Die Wasserqualität ▶ 183
- 10.5 Gewässergütebewertung in der Schule –  
Möglichkeiten und Grenzen ▶ 184



10.1 Praxis der Gewässergütebewertung

In Deutschland wird der Zustand der Gewässer regelmäßig kontrolliert. Dies ist wichtig, um Belastungen zu erkennen und wirksame Schutzmaßnahmen ergreifen zu können. Weil die Belastungen sehr unterschiedlich sein können und sich im Laufe der Jahre geändert haben, muss eine Vielzahl an Parametern untersucht werden. Auch die Bewertungsmethoden wurden verändert und erweitert. Die Ergebnisse der umfangreichen Messprogramme werden in den Gewässergüteberichten der Länder zusammengefasst. Um eine einheitliche und vergleichbare Beurteilung zu ermöglichen, sind die Kriterien zur Gewässergütebewertung von der ► LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) verbindlich festgelegt.

Für die Durchführung des Gewässergütemessprogramms in Hessen ist die ► HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (HLUG) zuständig. Sie betreibt mehr als 100 über das ganze Land verteilte Messstationen an Fließ-, Still- und Badegewässern und gibt in regelmäßigen Abständen ausführliche Gewässergüteberichte heraus. Die Standorte der Messstationen sowie Messdaten und Gütekarten sind auch im Internet abrufbar (► www.hlug.de).

Von der Gewässergütekarte zum Gewässergüteatlas

Lange Zeit gab es in Deutschland nur eine einzige Gewässergütekarte. Sie wurde bundesweit erstmals 1976 herausgegeben und alle fünf Jahre aktualisiert. Die erste Gewässergütekarte Hessens erschien bereits 1970 (► FOLIE 8). Die Reihe der Gewässergütekarten dokumentiert eindrucksvoll, dass sich die Wasserqualität in

den letzten Jahrzehnten kontinuierlich verbessert hat und inzwischen weit gehend das gesetzlich eingeforderte Qualitätsziel „mäßige Belastung“ (= Gewässergüteklasse II) erreicht worden ist (► FOLIE 7). Damit haben sich die Karten als wirksames politisches Instrumentarium zur Durchsetzung und Erfolgskontrolle von Gewässerschutzmaßnahmen bewährt.

Allerdings bedeuten die weit gehend grün gewordenen Gewässergütekarten nicht, dass die Gewässer „in Ordnung“ sind und im Gewässerschutz nichts mehr zu tun ist. Die Gewässergüte lässt sich nicht mit einer plakativen Gesamtnote bzw. Farbe darstellen. Dazu ist das Spektrum möglicher Belastungen und deren ökologischer Auswirkungen viel zu komplex.

Den bekannten Gewässergütekarten liegt ein biologisches Verfahren zu Grunde: das Saprobien-system (► KAP. 10.3). Deshalb werden die Karten auch biologische Gewässergütekarten genannt. Das Saprobien-system beschreibt einen Teilaspekt möglicher Gewässerbelastungen: die biologisch wirksame Belastung mit Sauerstoff zehrenden, organischen Stoffen durch (ungereinigtes) Abwasser aus Haushalten und Gewerbe. Auf die Beschreibung und Lösung dieses Problems konzentrierten sich über viele Jahrzehnte vorrangig die Bemühungen des Gewässerschutzes. Es ist mittlerweile durch die flächendeckende Einrichtung von Kläranlagen gelöst. Dafür haben andere Belastungen an Bedeutung gewonnen und müssen beschrieben werden, will man ein umfassendes Bild des ökologischen Zustands der Fließgewässer bekommen. So kann aufgrund einer chemischen Analyse in einem Bachabschnitt Trinkwasserqualität nachgewiesen werden, weil der Bach jedoch in einer öden Betonrinne verläuft, ist er als Lebensraum für Pflanzen und Tiere verloren.

Einstufung des ökologischen Zustandes	Farbe	Beschreibung
Sehr gut	Blau	Lebensgemeinschaften, Wasserqualität sowie Wasserhaushalt und Struktur (=Hydromorphologie) des Gewässers weisen keine oder nur geringfügige Abweichungen von einem Zustand auf, der ohne störende menschliche Einflüsse zu erwarten wäre (Leitbild).
Gut	Grün	Die Lebensgemeinschaften weisen auf geringe, vom Menschen verursachte Störungen hin, weichen aber nur geringfügig vom sehr guten Zustand ab (Qualitätsziel).
Mäßig	Gelb	Die Lebensgemeinschaften weisen auf signifikant stärkere Störungen hin und weichen mäßig vom sehr guten Zustand ab.
Unbefriedigend	Orange	Die Lebensgemeinschaften weichen erheblich vom Zustand ohne menschliche Störungen ab.
Schlecht	Rot	Große Teile der Lebensgemeinschaften, die bei sehr gutem Zustand vorhanden wären, fehlen.

Abb. 10-1 Bewertungsstufen nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie

## Gewässergütebewertung



Zur Beschreibung des ökologischen Zustands eines Gewässers müssen drei Aspekte berücksichtigt werden:

- Biologischer Aspekt: Lebensgemeinschaften
- Hydromorphologischer Aspekt: Gewässerstruktur und Wasserhaushalt
- Chemischer Aspekt: Wasserbeschaffenheit

Deshalb ist auch die Praxis der Gewässergütebewertung in Deutschland in den letzten Jahren grundsätzlich verändert und erweitert worden. So gibt es nicht mehr eine einzelne Gewässergütekarte, sondern einen Gewässergüteatlas, der ständig aktualisiert wird. Darin werden die biologische Gewässergütekarte, die Gewässerstrukturgütekarte sowie Einzelkarten zur chemischen Wasserbeschaffenheit veröffentlicht. Herausgegeben wird der Gewässergüteatlas von der ► LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA).

### Bewertung nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie

Durch die EU-Wasserrahmenrichtlinie sind erstmals europaweit gültige Vorgaben zur Gewässergütebewertung festgelegt. Danach müssen alle europäischen Gewässer von der Quelle bis zur Mündung

nach vergleichbaren Kriterien beschrieben und bewertet werden. Leitbild ist der Zustand, den das Gewässer ohne Einfluss des Menschen haben würde. Von dem Leitbild werden die übrigen Bewertungsstufen abgeleitet (► Abb. 10-1). Wichtigster Aspekt sind die Lebensgemeinschaften. Gewässerstruktur und Wasserhaushalt sowie die Wasserbeschaffenheit müssen mit erhoben werden, da sie wichtige Hinweise auf die Ursachen für mögliche Störungen geben und damit Ansatzpunkte für notwendige Maßnahmen liefern können. Die Bewertungsergebnisse sollen in bekannter Weise in farbigen Karten für jedes größere Flusseinzugsgebiet in 5 (bisher 7) Abstufungen dargestellt werden. Ziel ist, einen „guten Zustand“ der Oberflächengewässer bis 2015 zu erreichen (Bewertungsstufe 2).

Grundsätzlich wird es kein EU-weites Einheitsverfahren zur Gewässergütebewertung geben. Denn jeder Fluss ist anders. So sind in Flüssen Nordeuropas andere Lebensgemeinschaften zu erwarten als in den Mittelmeerländern, bei einem Bergbach andere Bewertungsmaßstäbe anzusetzen als bei einem Flachlandgewässer. Allerdings müssen die Bewertungsergebnisse vergleichbar sein. Jeder Mitgliedstaat muss bis Ende 2006 die für seine Gewässer geeigneten Bewertungsverfahren festlegen und national und international im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie abstimmen.

#### Warum Gewässergütekarten?

- Beschreibung des Gütezustands des Gewässers
- Umsetzung von Gütedaten in eine allgemeinverständliche Sprache
- Sichtbarmachen von Defiziten, um Maßnahmen zur Verbesserung durchzusetzen
- Darstellung der Schutzwürdigkeit noch intakter Gewässer(abschnitte)
- Erfolgskontrolle nach Durchführung von Sanierungsmaßnahmen

#### Ökologische Bewertung nach EU-Wasserrahmenrichtlinie

- „**Biologische Komponenten**“: Lebensgemeinschaften  
Gewässerflora: Wasserpflanzen und Algen; Wirbellose der Gewässersohle\*; Fische
- „**Hydromorphologische Komponenten**“: Wasserhaushalt und Gewässerstruktur  
Abfluss und Abflussdynamik; Verbindung zu Grundwasserkörpern; Durchgängigkeit\*; Tiefen- und Breitenvariation\*; Struktur und Substrat des Flussbettes\*; Struktur der Uferzone\*
- „**Chemische und physikalische Komponenten**“: Wasserbeschaffenheit  
Wassertemperatur\*; Sauerstoffhaushalt\*; Salzgehalt\*; Versauerungszustand\*; Nährstoffbedingungen\*; Spezifische Schadstoffe

\* Für den Parameter existieren Bewertungsverfahren der LAWA

Abb. 10-2 Parameter zur ökologischen Bewertung nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie



Damit sind die derzeit verwendeten Bewertungsverfahren vorläufig. In Deutschland sind jedoch keine grundsätzlichen Änderungen erforderlich, denn die meisten der in der EU-Wasserrahmenrichtlinie vorgegebenen Parameter sind bereits in den gültigen Bewertungsverfahren der LAWA enthalten (► Abb. 10-2). Angeglichen werden müssen die Bewertungsstufen. Dann können auch bereits vorhandene Gewässergütedaten im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie ausgewertet werden. Neu ist, dass Fische und Wasserpflanzen sowie der Wasserhaushalt einbezogen werden müssen. Außerdem erfolgt die Bewertung nicht nach Bundesländern, sondern nach Flusseinzugsgebieten. Hessen hat Anteile an den europäischen Flusseinzugsgebieten von Weser und Rhein.

Informationen über die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Hessen sind unter ► [www.flussgebiete-hessen.de](http://www.flussgebiete-hessen.de) zu finden. Ausführliche Informationen über Ziele und Inhalt der Wasserrahmenrichtlinie gibt das Bundesumweltministerium unter ► [www.bmu.de](http://www.bmu.de). Die deutsche Textfassung der Richtlinie kann ebenfalls dort abgerufen werden.

**10.2 Gewässerstrukturgüte – Das äußere Erscheinungsbild**

Mit der Gewässerstruktur wird das äußere Erscheinungsbild eines Gewässers beschrieben. Dieses ist durch die Begradigung und den technischen Ausbau der Gewässer sowie die weiträumige Zerstörung natürlicher Auenlandschaften nachhaltig verändert worden und eine Ursache dafür, dass in vielen Bächen und Flüssen die charakteristischen, artenreichen Lebensgemeinschaften mit vielen spezialisierten Tieren und Pflanzen nicht mehr vorkommen und auch der Wasserhaushalt empfindlich gestört ist. Die Gewässerstruktur gibt also indirekt wichtige Auskünfte über die Eignung eines Gewässers als Lebensraum und damit über die Funktionsfähigkeit des Ökosystems. Die beste Wasserqualität nützt wenig, wenn der Fluss in eine schnurgerade Betonrinne gezwängt ist.

Der Schutz bzw. die Wiederherstellung natürlicher Gewässerstrukturen ist heute die wichtigste Aufgabe des Gewässerschutzes. Um

	Hauptparameter	Einzelparameter
Gewässerlauf	Laufentwicklung	1. Laufkrümmung 2. Krümmungserosion (z.B. Uferabbrüche) 3. Längsbänke (Kies-, Sand- und Schotterbänke) 4. Besondere Laufstrukturen (z.B. Verzweigungen, Aufweitungen, Verengungen) 5. Profiltiefe 6. Uferverbau
	Längsprofil	7. Querbauwerke (Wanderungshindernisse für Tiere) 8. Verrohrungen und Durchlässe 9. Rückstau (als Folge von Querbauwerken) 10. Querbänke (natürliche Sohlenanhebungen) 11. Strömungsdiversität 12. Tiefenvarianz (Wechsel von Kolken und Flachwasser)
	Sohlenstruktur	13. Substrattyp (Lehm, Kies, Schotter, Steine, etc.) 14. Sohlenverbau (Pflasterung, Versiegelung) 15. Substratdiversität 16. Besondere Sohlenstrukturen (z.B. Schnellen, Kolke, Flachwasser)
Ufer	Querprofil	17. Profiltiefe (Ausmaß der unnatürlichen Eintiefung) 18. Profiltyp (Ausmaß des technischen Ausbaus) 19. Breitenvarianz 20. Breitenerosion
	Uferstruktur	21. Uferbewuchs 22. Uferverbau 23. Besondere Uferstrukturen (z.B. Totholz, Unterstände, Buchten, Nistwand)
Aue	Gewässerumfeld	24. Flächennutzung 25. Gewässerrandstreifen 26. Schädliche Umfeldstrukturen (z.B. Straßen, Fischteiche)

Abb. 10-3 Parameter der Gewässerstrukturgütekartierung (LAWA 2000)

# Gewässergütebewertung



gezielt handeln zu können, wurde in allen Bundesländern die Struktur der Bäche und Flüsse systematisch erhoben und bewertet. Die Ergebnisse sind in farbigen Gewässerstrukturgütekarten dargestellt. Sie zeigen, wie groß der Handlungsbedarf zur Wiederherstellung ökologisch intakter Gewässerlebensräume ist. Außerdem sind sie ein wichtiges Instrumentarium zur Planung und Umsetzung geeigneter (Renaturierungs-)Maßnahmen.

Bei der Strukturgütekartierung wird das äußere Erscheinungsbild des Gewässers, der Ufer und der Aue von Kartierern abschnittsweise begangen und anhand von 6 Hauptparametern, denen 26 Einzelparameter zugeordnet sind, bewertet. Wesentliche Aspekte sind u.a. der Gewässerverlauf, die Beschaffenheit der Gewässer- sohle, des Ufers und der Zustand der Aue.

Wie auch die biologische Gewässergüte werden die Ergebnisse der Strukturgütekartierung durch einen 7-stufigen Farbcode (von blau über grün und gelb zu rot) sichtbar gemacht, der den Gewässern abschnittsweise entsprechend ihrer Bewertung zugeordnet wird. Bezugspunkt bei der Bewertung der Gewässerstruktur ist der „potenziell natürliche Zustand“, d.h. der vom Menschen weitgehend unbeeinflusste Zustand eines Fließgewässers. Er entspricht der Strukturgüteklasse 1. Alle Abweichungen von diesem Leitbild werden je nach Ausmaß entsprechend schlechter bewertet.

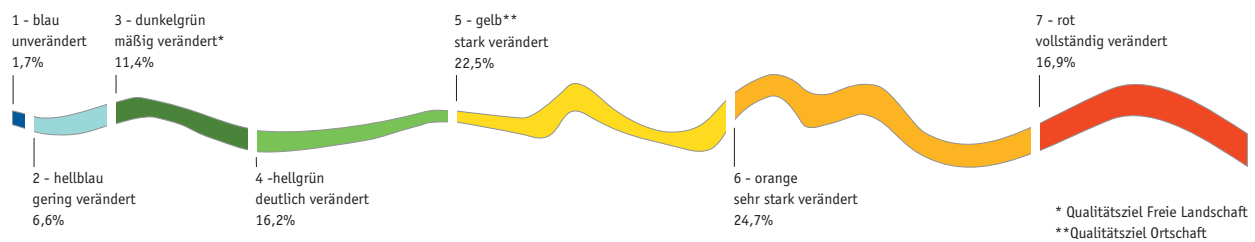
Als erstes Bundesland hat Hessen landesweit von 1997 bis 1999 eine detaillierte Strukturgütekartierung durchgeführt. Es wurden in

100 m-Abschnitten über 23.000 km Bäche und Flüsse bewertet. Die Ergebnisse sind auf ► FOLIE 6 und in ► ABB. 10-4 dargestellt. Die erste Gewässerstrukturgütekarte für die ganze Bundesrepublik wurde 2002 veröffentlicht (LAWA 2002).

Die Ergebnisse sind alarmierend und unterscheiden sich in Hessen kaum vom bundesdeutschen Gesamtergebnis. Danach befinden sich weniger als 2% der hessischen Bäche und Flüsse in natürlichem, unverändertem Zustand. Zu etwa 80% sind sie in ihrer Struktur so stark verändert worden, dass ihre ökologische Funktionsfähigkeit gefährdet ist (Strukturgüteklasse > 3). Der Handlungsbedarf ist also groß. Vor allem im Bereich geschlossener Ortschaften und in Gebieten mit intensiver Landwirtschaft sind viele Fließgewässer durch Begradigungen und technischen Ausbau stark bis vollständig verändert worden.

Auch für die Gewässerstrukturgüte sind Qualitätsziele festgesetzt worden. So wird angestrebt, in der freien Landschaft durch geeignete Sanierungsmaßnahmen (► Kap. 7 RENATURIERUNG) mindestens Strukturgüteklasse 3 zu erreichen. In Ortschaften dagegen sind die Entwicklungsmöglichkeiten durch Bebauung, Verkehrswege und Hochwasserschutzgründen zwangsläufig eingeschränkt. Hier wurde die Strukturgüteklasse 5 als Qualitätsziel festgelegt.

Gewässerstrukturgüte in Hessen 2000



Gewässerstrukturgüte bundesweit 2002

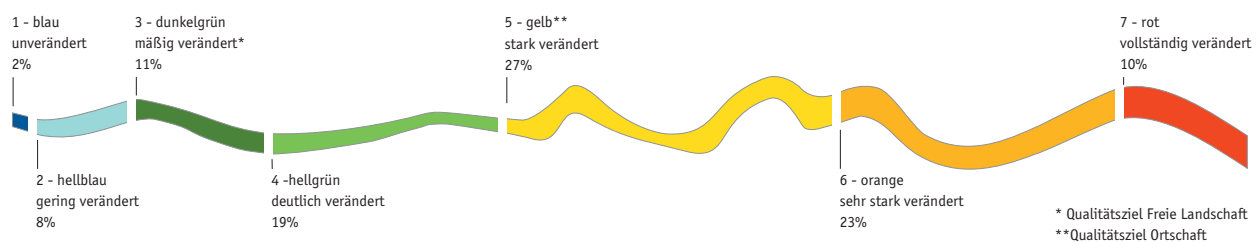


Abb. 10-4 Gewässerstrukturgüte in Hessen (HMULF 2000) und Gewässerstrukturgüte in der Bundesrepublik (LAWA 2002)

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



### 10.3 Biologische Gewässergüte – Das Saprobienystem

Lebensgemeinschaften reagieren sehr sensibel auf Störungen ihrer Umwelt. Als Folge veränderter Konkurrenzverhältnisse verschieben sich die Häufigkeiten der Arten. Bei stärkeren Veränderungen zeigen viele Tiere Fluchtverhalten, indem sie sich etwa im Sediment vergraben oder, wenn sie dies nicht können, aktiv oder passiv mit der Strömung verdriften lassen. Zu einem Absterben kommt es erst bei Extremereignissen (z.B. Einleitung toxischer Abwässer). Auch Pflanzen sind gute Bioindikatoren, weil sie Belastungen über längere Zeiträume anzeigen und vor allem empfindlich auf Nährstoffe reagieren. Grundsätzlich kann jede Tier- oder Pflanzengruppe als Bioindikator verwendet werden, wenn sie gegenüber den anzuzeigenden Belastungen hinreichend empfindlich reagiert. Ein großer Vorteil besteht gegenüber chemischen Analysen darin, dass die Bewertung über Bioindikatoren nicht nur eine Momentaufnahme liefert, sondern in Abhängigkeit von der Länge des Lebenszyklus einer Art die jeweiligen Lebensbedingungen und damit die Wasserqualität über einen längeren Zeitraum dokumentiert (► ABB. 10-5).

Bedeutsamstes, seit langem standardisiertes Verfahren zur Biologischen Gewässergütebewertung und Grundlage für die Biologischen Gewässergütekarten ist das Saprobienystem. Andere biologische Verfahren (Artenfehlbetrag, Bioindikation über spezielle Tier- und Pflanzengruppen) sind wissenschaftlich anerkannt, werden jedoch nur für wissenschaftliche Fragestellungen angewendet. Grundsätzlich sind biologische Untersuchungen relativ aufwendig, weil sie Artenkenntnis und Zeit erfordern und nicht zu automatisieren sind.

Das Saprobienystem ist eine Zusammenstellung von ausgewählten Indikatorarten („Leitorganismen“), über deren Vorkommen und Häufigkeit in einem Fließgewässer auf die Belastung mit organischen, biologisch leicht abbaubaren Stoffen geschlossen werden

kann („Saprobie“ = Belastung mit sauerstoffzehrenden Stoffen). In die DIN-Saprobienliste sind 140 wirbellose Tiere des Makrobenthos (v.a. Insektenlarven, Kleinkrebse, Schnecken, Muscheln, Egel), einige Fischarten sowie ca. 90 Mikroorganismen (Bakterien, Pilze, Ciliaten) aufgenommen, wobei letztere vor allem dann in die Bewertung einfließen, wenn nicht genügend Makroorganismen vorhanden sind.

Jedem Tier der Saprobienliste sind zwei Werte zugeordnet, der Saprobiewert (s) und das Indikationsgewicht (G). Der Saprobiewert (Zeigerwert, Gütefaktor) ist ein Index, der anzeigt, in welcher Gewässergüteklasse die entsprechende Art bevorzugt anzutreffen ist. Dabei gibt es Arten, die nur eine sehr enge Toleranz gegenüber organischer Belastung aufweisen und wirklich nur in einer Güteklasse auftreten (z.B. *Crenobia alpina* Alpenstrudelwurm), wohingegen andere gegenüber organischer Belastung toleranter sind und in mehreren Güteklassen auftreten können (z.B. *Gammarus pulex* Bachflohkrebs) (► ABB. 10-7). Diese spezifische Toleranzbreite einer Art (ökologische Valenz) wird durch das dimensionslose Indikationsgewicht G (= 1,2,4,8 und 16) zum Ausdruck gebracht. Arten, die in Gewässern aller Güteklassen vorkommen, sind als Indikatoren ungeeignet und werden daher in der Saprobienliste nicht genannt (z.B. *Culex pipiens* Gemeine Stechmücke und andere Dipterenlarven). Als Bioindikatoren sind grundsätzlich nur Arten mit relativ geringem Toleranzbereich gegenüber den anzuzeigenden Belastungen geeignet, deshalb haben alle Saprobienorganismen mindestens das Indikationsgewicht 4. Ein vereinfachter Saprobienindex kann auch ohne Einbeziehung des Indikationsgewichtes berechnet werden. In diesem Fall wird G in der Formel ersatzlos gestrichen.

Als dritte Größe wird bei der Berechnung des Saprobienindex noch die Häufigkeit A der jeweiligen Art an einer Probestelle eingebracht, die nach DIN in Häufigkeitsklassen (0-7) zu schätzen ist, jedoch auch über die absolute Anzahl der Individuen einfließen kann.

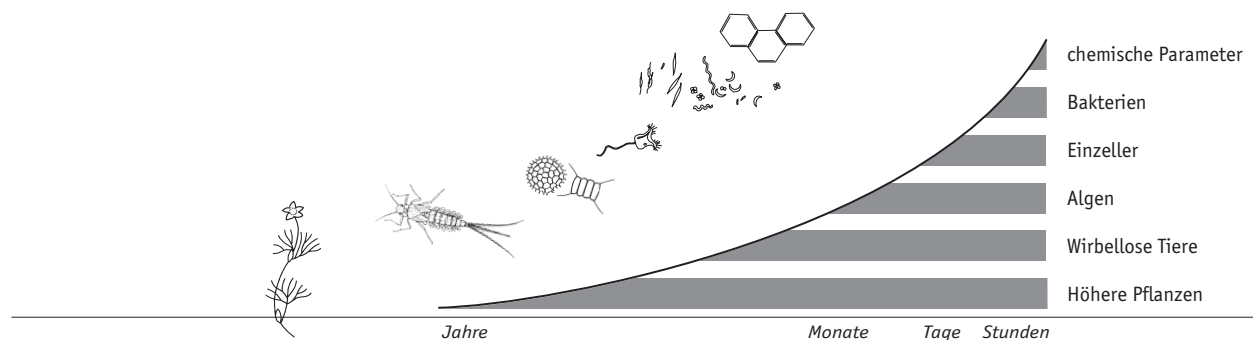


Abb. 10-5 Zeitliche Gültigkeit chemischer und biologischer Indikatoren zur Gewässergütebestimmung [nach SCHMEDTJE/KOHMANN 1988]. Die Reaktionszeit auf Umweltveränderungen ist abhängig von der Lebensdauer der Organismen.



# Gewässergütebewertung



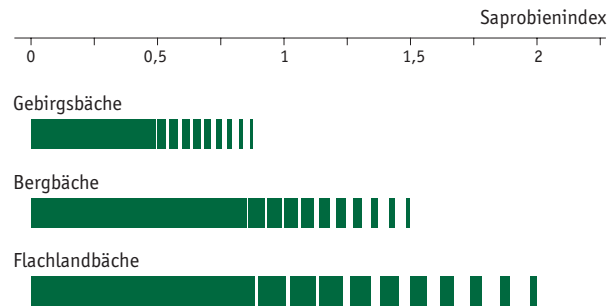
Die Zuordnung der Saprobienorganismen wurde mehrfach überarbeitet und erweitert, geht in den Grundzügen jedoch immer noch auf KOLKWITZ und MARSSON (1902) zurück. So überzeugend das Saprobien-system wirken mag, ist doch immer wieder Kritik an dem Verfahren geübt worden. Ein wichtiges Problem ist, dass das natürliche Artenspektrum von Fließgewässern große regionale Unterschiede aufweist. So ist das Saprobien-system vor allem auf die Situation schnellfließender, sauerstoffreicher Bergbäche zugeschnitten und hat dort seine volle Gültigkeit. Langsam fließende Bäche des Flachlandes sind jedoch natürlicherweise höher mit organischen Stoffen „belastet“ und weisen einen geringeren Sauerstoffgehalt auf, so dass Arten der Güteklasse 1 hier natürlicherweise nicht vorkommen. Entsprechend können unbelastete Flachlandbäche Güteklasse 1 nach dem Saprobien-system nie erreichen.

► ABB. 10-6

### Formel zur Berechnung des Saprobienindex

$$S = \frac{\sum A \cdot s \cdot G}{\sum A \cdot G}$$

S = Saprobienindex  
 A = Häufigkeit (geschätzt oder gezählt);  
 s = Saprobiewert; Zeigerwert  
 G = Indikationsgewicht



Auch wurden die auf empirischem Wege gewonnenen Erkenntnisse von KOLKWITZ und MARSSON bisher nur für einzelne Arten durch physiologisch-ökologische Untersuchungen (z.B. Tubifex, Gammarus) bestätigt (SCHWOERBEL 1993). Trotz aller Unschärfen jedoch hat sich das Saprobien-system bewährt und sehr erfolgreich die Gewässergütebewertung als politisches Instrumentarium zur Durchsetzung von Gewässerschutzmaßnahmen etabliert.

Abb. 10-6 Natürlicher Saprobienindex in unbelasteten Bachtypen. Flachlandbäche haben natürlicherweise einen höheren Gehalt an organischen Stoffen und einen geringeren Sauerstoffgehalt (nach BRAUKMANN 1987).








Art	Saprobiewert	Indikationsgewicht	Verteilung auf die Gewässergüteklassen*						
			1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
	s	G							
Crenobia alpina (Alpenstrudelwurm)	1,1	16	18	2					
Baetis rhodani (Eintagsfliegenlarve)	2,3	8		2	6	10	2		
Gammarus pulex (Bachflohkrebs)	2,1	4	1	3	10	3	3		
Asellus aquaticus (Wasserassel)	2,7	4		1	3	7	5	4	

\*(Die Zahlen geben die gewichtete 20-Punkte Verteilung der Arten auf die Gewässergüteklassen an)

Abb. 10-7 Beispiel für die Charakterisierung der Saprobienorganismen (Auszug aus der Saprobienliste nach DIN 38410, 1990).



## Gewässergütebewertung

Güteklasse	Farbe	Saprobienindex	Beschreibung
I Unbelastet bis sehr gering belastet	Dunkelblau 	1,0-1,4	Reines, stets annähernd sauerstoffgesättigtes, nährstoffarmes Wasser Geringer Bakteriengehalt Mäßig dichte Besiedlung mit Algen, Moosen, Strudelwürmern, Insektenlarven Laichgewässer für Salmoniden
I-II Gering belastet	Hellblau 	1,5-1,7	Geringe anorganische Nährstoffzufuhr und organische Belastung, jedoch ohne nennenswerte Sauerstoffzehrung Dicht und meist in großer Artenvielfalt besiedelt Salmonidengewässer
II Mäßig belastet*	Dunkelgrün 	1,8-2,2	Mäßige Verunreinigung und gute Sauerstoffversorgung Sehr große Artenvielfalt und Individuendichte von Algen, Schnecken, Kleinkrebsen, Insektenlarven; Wasserpflanzenbestände können größere Flächen bedecken Artenreiche Fischgewässer
II-III Kritisch belastet	Hellgrün 	2,3-2,6	Belastung mit organischen, sauerstoffzehrenden Stoffen bewirkt einen kritischen Zustand Rückgang der Artenzahl bei Makroorganismen; einige Arten neigen zu Massenentwicklungen; fädige Algen können flächendeckende Bestände bilden Fischsterben infolge Sauerstoffmangel möglich
III Stark verschmutzt	Gelb 	2,7-3,1	Starke organische, sauerstoffzehrende Verschmutzung, meist niedriger Sauerstoffgehalt; örtlich Faulschlammablagerungen Kaum Algen und höhere Wasserpflanzen, jedoch Massenentwicklung von Schwämmen, Egel, Egel, Wasserasseln; Kolonien von Wimperntierchen und Abwasserbakterien Periodische Fischsterben sind möglich
III-IV Sehr stark verschmutzt	Orange 	3,2-3,4	Eingeschränkte Lebensbedingungen durch sehr starke Verschmutzung mit organischen, sauerstoffzehrenden Substanzen, oft durch toxische Einflüsse verstärkt; zeitweilig kein Sauerstoff, ausgedehnte Faulschlammablagerungen Besiedlung durch Mikroorganismen, Wimperntierchen, Schlammröhrenwürmer, Rote Zuckmückenlarven Fische nicht auf Dauer anzutreffen
IV Übermäßig verschmutzt	rot 	3,5-4,0	Übermäßige Verschmutzung durch organische, sauerstoffzehrende Abwässer; Sauerstoff über lange Zeit in niedrigen Konzentrationen vorhanden oder gänzlich fehlend; Fäulnisprozesse herrschen vor Besiedlung fast ausschließlich durch Mikroorganismen (Geißeltierchen, Wimperntierchen, Bakterien); bei starker toxischer Belastung biologische Verödung Fische fehlen

\*gesetzlich vorgeschriebenes Qualitätsziel

Abb. 10-8 Beschreibung der Biologischen Gewässergüteklassen (nach LAWA 1996). Die Gewässergüteklassen weisen neben dem Vorkommen der Leitarten weitere charakteristische Merkmale hinsichtlich des Sauerstoffgehaltes, der Nährstoffbelastung und der Besiedlung mit Pflanzen und anderen Tieren auf. Allerdings kann aus der biologischen Güteklasse nicht zwangsläufig auf bestimmte Konzentrationen einzelner chemischer Parameter geschlossen werden. Die Beschreibungen sind rein empirisch.

## Gewässergütebewertung



### 10.4 Chemische Gewässergüte – Die Wasserqualität

Die regelmäßige Überprüfung chemisch-physikalischer Parameter macht den größten Teil der Gewässergütemessprogramme der Länder aus. Weil in der Gewässeranalytik inzwischen eine unüberschaubare Anzahl von Einzelparametern bekannt ist, nicht zuletzt wegen der immer größer werdenden Zahl an synthetischen, umweltgefährdenden Stoffen und der verfeinerten Analysetechnik, muss bei der Festlegung des Messprogramms gezielt ausgewählt werden. Abgesehen von den allgemeinen Kenngrößen zur Beschreibung der Wasserbeschaffenheit (Abfluss, pH, Sauerstoff, Leitfähigkeit, Temperatur) ist eine Messung nur sinnvoll, wenn der entsprechende Stoff eine mögliche Belastung darstellt. So muss in Industriegebieten die Belastung mit Schwermetallen und synthetischen Stoffen (► XENOBIOTICA) überwacht werden, in landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten sind dagegen Pestizide und Nährstoffe wichtige Messgrößen.

In Hessen werden je nach Umfang des Messprogramms an einer Messstation bis zu 40 Parameter überprüft. In bestimmten Fällen – z.B. bei Hochwasser oder Verschlechterung der Gewässergüte durch unbekannte Einleitungen – werden gegebenenfalls erweiternde Sonderuntersuchungen vorgenommen.

Für eine Bewertung der Chemischen Gewässergüte fehlten lange Zeit vergleichbare Klassifikationskriterien, was angesichts der Vielzahl der Parameter und ihrer sehr unterschiedlichen Auswirkungen auf das Ökosystem Fließgewässer auch nicht verwundert. Von der LAWA wurden 1998 für 46 Parameter aus den Stoffgruppen Nährstoffe, Salze, Summenkenngrößen, Schwermetalle und Industriechemikalien chemische Gewässergüteklassen festgelegt. In bekannter 7-stufiger Farbgebung wurden danach im aktuellen Hessischen Gewässergütebericht erstmals für hessische Fließgewässer 16 Chemische Gewässer-

Stoffgruppe	Wichtigste Parameter
Allgemeine Kenngrößen	Abfluss, pH, Leitfähigkeit, Sauerstoff*
Nährstoffe	Gesamtphosphor*; Gesamtstickstoff*, Nitrat*, Nitrit*, Ammonium*
Salze	Chlorid*, Sulfat*
Schwermetalle	Blei*, Cadmium*, Chrom*, Kupfer*, Nickel*, Quecksilber*, Zink
Summenkenngrößen	BSB (Biochemischer Sauerstoffbedarf) CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) TOC* (Gesamtkohlenstoff)
Industriechemikalien/ Xenobiotica	AOX* (Summenparameter für halogenierte Kohlenwasserstoffe) sowie diverse synthetische Einzelstoffe

\*Themenkarte zur Chemischen Gewässergüteklassifizierung mit Darstellung der Belastungssituation 1993-1997 in Hessen im Hessischen Gewässergütebericht 1997

Abb. 10-9 Die wichtigsten Stoffgruppen des Hessischen Gewässergütemessprogrammes.

gütekarten erstellt, in denen jeweils für einen Stoff die Belastungssituation an den Messstellen des Gütemessprogramms dargestellt ist. Eine Gesamtkarte „Chemische Gewässergüte“ gibt es also nicht. Sie hätte wenig Aussagekraft und würde wichtige Probleme verwischen. Nur eine differenzierte, stoff- und problembezogene Darstellung der Bewertungsergebnisse kann die Verhältnisse angemessen beschreiben und den Handlungsbedarf aufzeigen. Wie bei der Biologischen Gewässergüte gilt auch für die Chemische Gewässergüte jeweils Güteklasse II als Qualitätsziel.

Stoffbezogene Chemische Gewässergütekategorie	Farbe	Nitrat-N [mg/l]	Nitrit-N [mg/l]	Ammonium-N [mg/l]	Orthophosphat-P [mg/l]	Sauerstoff [mg/l]
I Unbelastet	Dunkelblau	≤ 1	≤ 0,01	≤ 0,04	< 0,02	> 8
I-II Sehr geringe Belastung	Hellblau	≤ 1,5	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,04	> 8
II Mäßige Belastung*	Dunkelgrün	≤ 2,5	≤ 0,1	≤ 0,3	≤ 0,1	> 6
II-III Deutliche Belastung	Hellgrün	≤ 5	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 0,2	> 5
III Erhöhte Belastung	Gelb	≤ 10	≤ 0,4	≤ 1,2	≤ 0,4	> 4
III-IV Hohe Belastung	Orange	≤ 20	≤ 0,8	≤ 2,4	≤ 0,8	> 2
IV Sehr hohe Belastung	Rot	> 20	> 0,8	> 2,4	≤ 0,8	< 2

\* Qualitätsziel

Abb. 10-10 Chemische Gewässergüteklassifikation nach LAWA (1998). Auszug aus der Stoffgruppe Nährstoffe. Für die Parameter Leitfähigkeit, pH und BSB gibt es keine Güteklassifizierung.



### 10.5 Gewässergütebewertung in der Schule – Möglichkeiten und Grenzen

Die große Bedeutung der Freilandarbeit und der Erkundungen vor Ort im Rahmen einer Unterrichtseinheit „Fließgewässer“ ist unbestritten. Damit diese auch erfolgreich verläuft, sollten bei der Auswahl des Bewertungsverfahrens und des methodischen Vorgehens die Zielsetzungen genau bedacht werden. Schließlich ist der mit der Freilandarbeit verbundene organisatorische und zeitliche Auf-

wand beträchtlich und sollte sich für alle Beteiligten lohnen. Ein Gewässerbewertungsverfahren für Schülerinnen und Schüler muss einen möglichst ganzheitlichen Zugang zum Ökosystem Fließgewässer ermöglichen, es muss überschaubar sein, nachvollziehbare Ergebnisse liefern und sich auf die wichtigsten Probleme des Gewässerschutzes beziehen. Der Vergleich der drei wichtigsten Verfahren zur Ökologischen Gewässergütebewertung zeigt, dass jedes in unterschiedlicher Weise den genannten schulischen Zielsetzungen gerecht wird. ► ABB. 10-11

#### Gewässergütebewertung in der Schule: Allgemeine Lernziele

##### schülerbezogen

- Erkundung eines Ökosystems in freier Natur (Handlungsorientierung)
- Sinn für die Schönheit und Einzigartigkeit von Fließgewässern wecken (sinnliches Lernen)

##### problemorientiert\*

- Bedeutung von (aktuellen!) Problemen des Gewässerschutzes aufgrund erworbenen Fachwissens einschätzen können; praktikable Verfahren zu deren Beurteilung kennenlernen; Sachkenntnis erwerben

##### sach-/fachbezogen

- Struktur und Funktion eines Ökosystems am Beispiel Fließgewässer kennenlernen
- Arbeitstechniken lernen (beobachten, beschreiben, protokollieren; Umgang mit Messgeräten; Dokumentation und Auswertung von Arbeits- und Messergebnissen)

##### gesellschaftsbezogen\*

- Möglichkeiten und Grenzen der amtlichen Gewässergütebewertung einschätzen können

*\*gilt vor allem für die Sekundarstufe II*

Weil Gewässergütebewertungen in der Schule andere Ziele als in der Wasserwirtschaft haben, muss aus der Fülle möglicher Parameter gezielt ausgewählt und die offiziellen Verfahren müssen im beschriebenen Sinne didaktisch reduziert werden. Diese Vereinfachung bringt natürlich Unschärfen mit sich und die Vergleichbarkeit der Schülerergebnisse mit denen der Gewässergütekarten ist nur eingeschränkt möglich. Allerdings ist dies auch ein nachgeordnetes Lernziel; im Vordergrund stehen der Schülerbezug und die Problemorientierung: Nach einer exemplarisch durchgeführten Gewässergütebewertung sollten Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, auch ohne aufwendige Hilfsmittel eine qualifizierte und sachlich richtige Einschätzung der ökologischen Situation eines Baches zu geben. Dies ist auch ohne technische Messgeräte möglich und erstaunlich einfach, wenn man einmal verstanden hat, worauf es ankommt. Für das Erkennen der ökologisch bedeutsamen Fließgewässerprobleme ist eine kluge Einschätzung, das Verstehen der Zusammenhänge von Symptomen, Ursachen und Wirkungen und ein geschärfter Blick besser als jede aufwendige, ohne Verstand durchgeführte Messung. Das wichtige Problem der Nährstoffbelastung/Eutrophierung lässt sich relativ einfach mit bloßem Auge

an vermehrtem Algenwachstum erkennen. Ein organisch übermäßig belasteter Bach stinkt und sieht schmutzig aus. Um festzustellen, ob ein Bach vergiftet ist, muss man schon genauer hinschauen: Hier könnte die Untersuchung der Tiere und Pflanzen Hinweise liefern. Welcher der unüberschaubar vielen umweltschädigenden synthetischen Stoffe (Xenobiotica) die Ursache sein könnte, ist dagegen eine Frage, die nur durch aufwendige Analysen zu klären ist, sie mit schulischen Mitteln durchführen zu wollen, wäre falscher Ehrgeiz. ► ABB. 10-12

Für das Erkennen des derzeit größten und ökologisch bedeutsamsten Problems der Bäche und Flüsse, die Schädigungen durch den technischen Gewässerausbau, steht mit der Strukturkartierung ein besonders schülerfreundlicher Ansatz zur Verfügung. Es bedarf keines Vorwissens, keiner teuren Chemikalien und Messgeräte und sie ist an jedem beliebigen Bach durchzuführen. Hier tut sich ein breites Tätigkeitsfeld auf: Schülerinnen und Schüler können auf Probleme aufmerksam machen, die über die Schule hinaus von großem umweltpolitischen Interesse sind, jedoch bisher kaum im öffentlichen Bewusstsein. Handlungsorientierung im besten Sinne.

# Gewässergütebewertung



	Chemisch-physikalische Parameter	Biologische Gewässergüte (Saprobienindex)	Gewässerstrukturgüte
<b>Objektivität/Reproduzierbarkeit</b>	Wissenschaftl. exaktes Arbeiten vorausgesetzt	Bei guter Artenkenntnis	eher subjektiv; viele Sonderfälle
<b>Zeitliche Gültigkeit</b>	Momentaufnahme	Monate bis Jahre	Jahre bis Jahrzehnte
<b>Räumliche Gültigkeit</b>	Punktuell	Größer	auf Kartierungsabschnitt bezogen (einschließlich Gewässerumfeld)
<b>Aussagewert über ökologischen Zustand</b>	Abhängig von der Wahl des Parameters	Abhängig von der Wahl der Indikatorarten	groß
<b>Didaktisches Potential</b>	relativ großer Materialaufwand genaues, sorgfältiges Arbeiten erforderlich abstraktes Ergebnis Aussagewert des erhobenen Parameters muss überdacht werden; Hintergrundwissen erforderlich ab Klasse 10	Geringer Materialaufwand Biologisch Bestimmung der Arten kann Schwierigkeiten bereiten ab Klasse 7	Kein Materialaufwand Intensive Auseinandersetzung mit dem Ökosystem Schult Beobachtung; Naturerleben Bewertung muss überdacht und begründet werden ab Klasse 7

Abb. 10-11 Vergleich der Verfahren zur Gewässergütebewertung und ihre Einsatzmöglichkeiten in der Schule.

Die aktuell bedeutsamen Fließgewässerbelastungen	Verfahren zum Erkennen der Belastung
Ökologische Schäden durch Gewässerausbau	Strukturgütekartierung
Xenobiotika (= synthetische Stoffe)/Industrielle Abwässer	Ausgewählte chemische Parameter*
Nährstoffbelastung/Eutrophierung	Sauerstoff (vor allem Tagesgänge), Nährstoffe (P,N)
Kommunale Abwässer	Sauerstoff, BSB, Saprobienindex
*in der Schule nicht möglich!	

Abb. 10-12 Die aktuell bedeutsamsten Belastungen von Fließgewässern und Möglichkeiten, diese nachzuweisen.

# Ökologische Bewertung eines Baches



		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Werken
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
11.1 Gewässerstruktur und Gewässerumfeld	▶ 190	▶ ● ●	▶ ● ●	▶ ● ●	● ●	●	-	●	-	-	-	-
11.2 Wasserqualität – Vereinfachte Untersuchung	▶ 192	▶ ● ●	▶ ● ●	▶ ● ●	● ●	●	●	●	-	-	-	-
11.3 Wasserqualität – Chemische und physikalische Parameter	▶ 194	-	-	●	● ●	●	●	-	-	-	-	-
11.4 Biologische Gewässergüte	▶ 196	▶ ● ●	▶ ● ●	▶ ● ●	● ●	●	-	-	-	-	-	-
11.5 Bestimmungsschlüssel	▶ 198	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ●	●	-	-	-	-	-	-
11.6 Zusammenfassung der Ergebnisse – Vereinfachte Untersuchung	▶ 199	▶ ● -	▶ ● -	▶ ● -	● -	-	-	-	-	-	-	-
11.7 Zusammenfassung der Ergebnisse – Ausführliche Untersuchung	▶ 200	-	-	●	● -	-	-	-	-	-	-	-
11.8 Projektbericht – Ökologische Bewertung eines Baches	▶ 201	-	-	●	● -	-	-	-	-	-	-	-



- ▶ M 11.1
- ▶ M 11.2
- ▶ M 11.3
- ▶ M 11.4

## Ökologische Bewertung eines Baches

### Hinweise zum Umgang mit den Bewertungsbögen

Aus den vorgestellten amtlichen Verfahren zur Gewässergütebewertung wurde ein vereinfachtes Bewertungsverfahren entwickelt, nach dem Schülerinnen und Schüler den ökologischen Zustand eines kleineren Fließgewässers (bis ca. 10 m Breite) abschätzen können. Sie bekommen Hinweise auf mögliche Belastungen und können feststellen, ob die Belastungen noch „im grünen Bereich“ liegen und das Gewässer ökologisch intakt ist oder ob die ökologische Funktionsfähigkeit in Gefahr ist und damit ein nicht akzeptabler, verbesserungsbedürftiger Zustand vorliegt.

In Anlehnung an die EU-Wasserrahmenrichtlinie (▶ KAP. 10-1) wurden die sieben amtlichen Bewertungsstufen auf fünf reduziert. So sind die Schülerergebnisse über die analoge, sehr anschauliche Farbuordnung mit der amtlichen Gewässergütebewertung vergleichbar.

#### Aussagekraft der vier Bewertungsstufen

##### Bewertungsstufen 1 und 2



- ökologisch intaktes Gewässer
- kein Handlungsbedarf
- das (gesetzliche) Qualitätsziel wird eingehalten

##### Bewertungsstufen 3 bis 5



- das Gewässer ist belastet
- Handlungsbedarf
- das (gesetzliche) Qualitätsziel wird nicht eingehalten

Die ökologische Bewertung erfolgt anhand von 4 verschiedenen Bewertungsbögen, die grundsätzlich wie einzelne Bausteine je nach Lerngruppe, Klassenstufe, individuellem Lernziel und Rahmenbedingungen (Zeitraumen, örtlichen Gegebenheiten) verwendet werden können.

- Gewässerstruktur und Gewässerumfeld ▶ M 11.1
- Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung) ▶ M 11.2
- Wasserqualität (physikalisch-chemisch) ▶ M 11.3
- Biologische Gewässergüte ▶ M 11.4

In den Bewertungsbögen werden insgesamt 24 Parameter abgefragt, die in ▶ KAPITEL 12 ausführlich erklärt sind (Hinweise zur Erhebung, Methoden, ökologische Bedeutung des Parameters, Fotos). Diese Erläuterungen sollten bei der Freilandarbeit immer mitgenommen werden. Sie helfen den Schülerinnen und Schülern bei Unklarheiten weiter.

**Mit den Bewertungsbögen können Mittelgebirgsbäche von etwa 0,5 bis 10 m Breite ökologisch bewertet werden. Für größere Flüsse oder kleinere (Quell-)Rinnsale sind die Bewertungskriterien so nicht gültig und würden falsche Ergebnisse liefern.**

Gleiches gilt für Bergbäche und Tieflandbäche. Der Grund ist die typologische Vielfalt der Fließgewässer, die u.a. abhängig ist von der Wassermenge und den geographischen Merkmalen des Einzugsgebietes.

Außerdem ist zu beachten:

**Es gibt keine Gesamtnote „Ökologische Gewässergüte“.**

**Jeder Bewertungsbogen liefert ein eigenständiges Ergebnis.**

**Die Einzelergebnisse werden in eine „Bewertungs-sonne“ (▶ M 11.6 und ▶ M 11.7) eingetragen, die ein zusammenfassendes, differenziertes Bild des ökologischen Zustands des Bachabschnittes gibt.**

Das Bewertungsverfahren ist im doppelten Sinne ganzheitlich: Es bezieht sich auf alle „Dimensionen“ des Ökosystems Fließgewässer (Gewässerstruktur, Wasserqualität und Lebensgemeinschaften) und ermöglicht gleichzeitig ganzheitliches Lernen.

# Ökologische Bewertung eines Baches

## Hinweise zum Umgang mit den Bewertungsbögen



### Welcher Bewertungsbogen in welcher Altersstufe?

Im Sinne der Ganzheitlichkeit sollten alle drei Aspekte (Gewässerstruktur, Wasserqualität und Biologische Gewässergüte) beginnend mit dem äußeren Erscheinungsbild des Baches bearbeitet werden. Ein aussagekräftiges Ergebnis ist auch ohne physikalisch-chemische Untersuchungen möglich.

Als Unterrichtsform eignet sich besonders Projektunterricht. In der Oberstufe kann im Rahmen von kursbegleitenden, individuellen Fach- oder Projektarbeiten auch ein ganzer Bach bewertet werden.

#### Klasse 5-6

Eine echte Gewässergütebestimmung anhand der Bewertungsbögen ist mit jüngeren Schülerinnen und Schülern wenig sinnvoll, vielmehr sollte die (spielerische) Erkundung der Besonderheiten eines Baches im Vordergrund stehen. ► M 1.2 BIS 1.4

Die Einordnung der biologischen Gewässergüte – ohne die Berechnung des Saprobienindex durchzuführen – ist möglich, wenn die im Bach gefundenen Tiere (► M 2.1 KLEINLEBENSÄUERE IM BACH) bestimmt und nach ihrem Zeigerwert einer der vier Güteklassen zugeordnet werden (► M 11.5 BESTIMMUNGSSCHLÜSSEL). Die Güteklasse mit den meisten Tieren entspricht in etwa der Güteklasse des Bachabschnittes.

#### Klasse 7-10

- Gewässerstruktur und Gewässerumfeld ► M 11.1
- Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung) ► M 11.2
- Biologische Gewässergüte ► M 11.4
- Auswertung ► M 11.6

#### Klasse 10-13

- Gewässerstruktur und Gewässerumfeld ► M 11.1
- Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung) ► M 11.2
- Wasserqualität (physikalisch-chemisch) ► M 11.3
- Biologische Gewässergüte ► M 11.4
- Auswertung
  - M 11.7 „Gesamtbewertung“ und
  - M 11.8 „Projektbericht: Ökologische Bewertung eines Baches“

Detaillierte Vorschläge zum methodischen Vorgehen, zur Vorbereitung und Vertiefung der einzelnen Bewertungsaspekte finden sich in den Hinweisen zum Unterricht zu den Bewertungsbögen.





► M 11.1

## Ökologische Bewertung eines Baches

### Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### Zielgruppe

ab Klasse 7

#### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Erdkunde, Projektunterricht

#### Ziele

- Sehenlernen „Ein Bach ist mehr als Wasser“, dabei strukturelle Einzelheiten eines Gewässers erkennen und beschreiben
- Kriterien zur Bewertung der Natürlichkeit eines Gewässers kennenlernen und anwenden
- Erkennen, dass die strukturelle Vielfalt eines Gewässers die Funktionsfähigkeit des Ökosystems entscheidend mitbestimmt

#### Material

- Klemmbrett mit Bewertungsbögen
- Bleistift (schreibt auch bei Regen)
- Karte 1:5.000 oder 1:25.000 (evtl Kartenausschnitte kopieren und auf geeigneten Maßstab vergrößern)
- Gummistiefel
- Maßband (möglichst > 10 m), Zollstock

#### Vorbereitung

Eine Vorexkursion des Lehrers bzw. der Lehrerin wird dringend empfohlen, um zu klären, ob das Gewässer über eine längere Strecke begangen werden kann und grundsätzlich für eine Strukturgütebewertung geeignet ist.

#### ● Im Unterricht

Das Bewusstsein für die Ursachen und Folgen menschlicher Veränderungen an Bächen und Flüssen (► KAP. 5 GEWÄSSERAUSBAU, ► KAP. 6 GEWÄSSERBELASTUNGEN) sollte geweckt sein.

Über ► M 1.7 NATÜRLICH – WAS BEDEUTET DAS? können die wichtigsten Einflüsse zusammengefasst und die Bewertungsstufen eingeführt werden.

Auf ► FOLIE 3 sind Fotos von Bächen unterschiedlicher Strukturgüte zusammengestellt, an denen die Einzelparameter erläutert werden können.

Das Verfahren und die Ergebnisse der amtlichen Gewässerstrukturgütekartierung in Hessen kann in einem Referat vorgestellt werden (► KAP. 10-2; ► FOLIE 6).

#### ● Vorübungen im Freiland

Der Umgang mit dem Bewertungsbogen erfordert einige Übung, bis man die einzelnen Parameter kennt und bewerten kann. Vieles wird erst im Vergleich deutlich. Deshalb sollten zunächst zwei bis drei Gewässerabschnitte von mehreren Schülern bzw. Gruppen parallel kartiert, die Ergebnisse verglichen sowie Abweichungen diskutiert werden. Am besten ist es, mit einem möglichst naturnahen Abschnitt des zu untersuchenden Gewässers zu beginnen, der gewissermaßen als Leitbild für weitere Erhebungen gilt. Hilfreich ist es auch, wenn die Schülerinnen und Schüler die Gesamtnote des Gewässerabschnittes vor der Kartierung abschätzen.

#### Durchführung

Der Bogen sollte grundsätzlich erst ausgefüllt werden, nachdem der zu bewertende 100 m-Abschnitt abgelaufen und genau betrachtet wurde. Um sich auszutauschen, hat sich die Arbeit in Zweier-Gruppen bewährt. Größere Gewässerstrecken können gruppenteilig oder als Projektarbeit kartiert werden, um dann die Ergebnisse im Unterricht auszuwerten und zu einem Gesamtbild zusammenzufügen. Weitere Details ► KAP. 12 SEITE 204-225 ERLÄUTERUNGEN

#### Auswertung

Die Einzelergebnisse werden in eine „Bewertungssonne“ eingetragen (► M 11.6 oder ► M 11.7).

#### Vertiefungsmöglichkeiten

#### ● Erstellen einer Gewässerstrukturgütekarte

Die Ergebnisse der Strukturgütekartierung mehrerer Bachabschnitte werden auf einer Karte farbig markiert. Dazu einen möglichst großen Maßstab wählen (1:25.000, besser noch 1:5.000), eventuell einen Kartenausschnitt durch Kopie vergrößern. Die Farben (blau, grün, gelb, rot) für die jeweilige Bewertungsstufe entsprechen denen der amtlichen Gewässergütekartierung und sind durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) festgelegt.

#### ● Ursachenforschung

X Wann und warum wurde der Bach ausgebaut? Wie sah der Bach in früheren Zeiten aus?

- Befragung von älteren Leuten (Anwohner, Angler), die den Bach aus früheren Zeiten kennen
- Vergleich des Gewässerverlaufs auf alten Karten (zu erhalten beim Hessischen Landesvermessungsamt; Adresse ► ANHANG)
- Recherchen in Archiven/Bibliotheken über die Geschichte des Baches

#### ● Fotodokumentation „Am Bach entlang“

Zu jedem Bewertungsbogen wird ein Foto des Baches gemacht. Die Fotos werden zu einer Dokumentation „Am Bach entlang“ oder „Die Gesichter eines Baches“ zusammen- und ausgestellt.



Gewässer: Abschnitt:		1 natürlich / sehr gut (blau)	2 naturmah / gut (grün)	3 wenig naturmah / mäßig (gelb)	4 naturfern / unbefriedigend (orange)	5 schlecht (rot)	Einzelbe- wertung
<b>M 11.1 Gewässerstruktur und Gewässerumfeld: Mittelgebirgsbäche (bewertet wird ein ca. 100m langer, repräsentativer Gewässerabschnitt)</b>							
1. <b>Nutzung der Aue</b> • Wie wird die Aue im überschaubaren Umfeld des Gewässers überwiegend genutzt?	<input type="checkbox"/> naturmaher Wald (Laubbäume) <input type="checkbox"/> > 20 m <input type="checkbox"/> geschwungen, nicht verändert <input type="checkbox"/> durchgehender Gehölzsaum (Laubbäume) von mehreren Metern Breite <input type="checkbox"/> keine festgelegte Uferlinie, viele Einbuchtungen und Aufweitungen, Gewässer kann sich ungehindert in die Breite ausdehnen	<input type="checkbox"/> extensive Nutzung oder Brache: nicht gedüngte oder wenig beweidete Wiesen, keine Bebauung <input type="checkbox"/> ca. 5-20 m <input type="checkbox"/> mäßig geschwungen (z.T. verändert) <input type="checkbox"/> schmaler, aber durchgehender Gehölzsaum <input type="checkbox"/> Feuchtwiese, Hochstauden oder Röhrichte <input type="checkbox"/> Ufer begründet, aber nicht sichtbar befestigt. Mit einigen Einbuchtungen und Aufweitungen	<input type="checkbox"/> kleinere Äcker, Weiden oder Gärten <input type="checkbox"/> Nadelwald <input type="checkbox"/> ca. 2-5 m <input type="checkbox"/> gestreckt (mäßig verändert) <input type="checkbox"/> lückiger Gehölzsaum mit Krautflur <input type="checkbox"/> Krautflur aus Brennneseln u.a. Nährstoffzeigern <input type="checkbox"/> Ufer stellenweise befestigt < 50%, doch sind Uferabbrüche möglich	<input type="checkbox"/> intensive Landwirtschaft: Acker <input type="checkbox"/> stellenweise Bebauung <input type="checkbox"/> < 2 m <input type="checkbox"/> gerade (stark verändert) <input type="checkbox"/> Einzelbäume; standortfremde Vegetation (z.B. Pappeln, Nadelbäume oder Ziersträucher) <input type="checkbox"/> gemähtes Ufer <input type="checkbox"/> Ufer überwiegend befestigt (durch Steinschüttungen oder Holzpfähle)	<input type="checkbox"/> geschlossene Ortschaft <input type="checkbox"/> Industriegebiet <input type="checkbox"/> nicht vorhanden <input type="checkbox"/> gerade (sehr stark verändert) <input type="checkbox"/> keine Uferbäume, keine Krautflur, befestigter Uferand <input type="checkbox"/> gerade Uferlinie, Ufer steil abfallend, befestigt (Pflaster, Beton o.ä.)		
2. <b>Gewässerrandstreifen</b> • Gibt es einen naturbelassenen Gewässerrandstreifen? (Breite ab Uferkante)	<input type="checkbox"/> > 20 m <input type="checkbox"/> geschwungen, nicht verändert	<input type="checkbox"/> ca. 5-20 m <input type="checkbox"/> mäßig geschwungen (z.T. verändert)	<input type="checkbox"/> ca. 2-5 m <input type="checkbox"/> gestreckt (mäßig verändert)	<input type="checkbox"/> < 2 m <input type="checkbox"/> gerade (stark verändert)	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden <input type="checkbox"/> gerade (sehr stark verändert)		
3. <b>Gewässerverlauf</b> • Wie ist der überwiegende Verlauf des Gewässers? Ist er verändert worden?	<input type="checkbox"/> durchgehender Gehölzsaum (Laubbäume) von mehreren Metern Breite <input type="checkbox"/> keine festgelegte Uferlinie, viele Einbuchtungen und Aufweitungen, Gewässer kann sich ungehindert in die Breite ausdehnen	<input type="checkbox"/> schmaler, aber durchgehender Gehölzsaum <input type="checkbox"/> Feuchtwiese, Hochstauden oder Röhrichte <input type="checkbox"/> Ufer begründet, aber nicht sichtbar befestigt. Mit einigen Einbuchtungen und Aufweitungen	<input type="checkbox"/> lückiger Gehölzsaum mit Krautflur <input type="checkbox"/> Krautflur aus Brennneseln u.a. Nährstoffzeigern <input type="checkbox"/> Ufer stellenweise befestigt < 50%, doch sind Uferabbrüche möglich	<input type="checkbox"/> Einzelbäume; standortfremde Vegetation (z.B. Pappeln, Nadelbäume oder Ziersträucher) <input type="checkbox"/> gemähtes Ufer <input type="checkbox"/> Ufer überwiegend befestigt (durch Steinschüttungen oder Holzpfähle)	<input type="checkbox"/> keine Uferbäume, keine Krautflur, befestigter Uferand <input type="checkbox"/> gerade Uferlinie, Ufer steil abfallend, befestigt (Pflaster, Beton o.ä.)		
4. <b>Uferbewuchs</b> • In welchem Ausmaß ist eine standorttypische Ufervegetation vorhanden?	<input type="checkbox"/> durchgehender Gehölzsaum (Laubbäume) von mehreren Metern Breite <input type="checkbox"/> keine festgelegte Uferlinie, viele Einbuchtungen und Aufweitungen, Gewässer kann sich ungehindert in die Breite ausdehnen	<input type="checkbox"/> schmaler, aber durchgehender Gehölzsaum <input type="checkbox"/> Feuchtwiese, Hochstauden oder Röhrichte <input type="checkbox"/> Ufer begründet, aber nicht sichtbar befestigt. Mit einigen Einbuchtungen und Aufweitungen	<input type="checkbox"/> lückiger Gehölzsaum mit Krautflur <input type="checkbox"/> Krautflur aus Brennneseln u.a. Nährstoffzeigern <input type="checkbox"/> Ufer stellenweise befestigt < 50%, doch sind Uferabbrüche möglich	<input type="checkbox"/> Einzelbäume; standortfremde Vegetation (z.B. Pappeln, Nadelbäume oder Ziersträucher) <input type="checkbox"/> gemähtes Ufer <input type="checkbox"/> Ufer überwiegend befestigt (durch Steinschüttungen oder Holzpfähle)	<input type="checkbox"/> keine Uferbäume, keine Krautflur, befestigter Uferand <input type="checkbox"/> gerade Uferlinie, Ufer steil abfallend, befestigt (Pflaster, Beton o.ä.)		
5. <b>Uferstruktur</b> • Wie ist das Ufer beschaffen?	<input type="checkbox"/> keine festgelegte Uferlinie, viele Einbuchtungen und Aufweitungen, Gewässer kann sich ungehindert in die Breite ausdehnen	<input type="checkbox"/> Ufer begründet, aber nicht sichtbar befestigt. Mit einigen Einbuchtungen und Aufweitungen	<input type="checkbox"/> Ufer stellenweise befestigt < 50%, doch sind Uferabbrüche möglich	<input type="checkbox"/> Ufer überwiegend befestigt (durch Steinschüttungen oder Holzpfähle)	<input type="checkbox"/> gerade Uferlinie, Ufer steil abfallend, befestigt (Pflaster, Beton o.ä.)		
6. <b>Gewässerschnitt</b> • Wie stark ist der Bach im Verhältnis zum Umland unnatürlich eingetieft?	<input type="checkbox"/> Sehr flach Breite:Tiefe-Verhältnis > 10:1	<input type="checkbox"/> Flach Breite:Tiefe-Verhältnis > 5:1	<input type="checkbox"/> mäßig tief Breite:Tiefe-Verhältnis > 3:1	<input type="checkbox"/> tief Breite:Tiefe-Verhältnis > 2:1	<input type="checkbox"/> sehr tief Breite:Tiefe-Verhältnis < 2:1		
7. <b>Strömungsbild</b> • Wie deutlich ist ein Wechsel von unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten anhand der Strömung erkennbar?	<input type="checkbox"/> mosaikartig: d.h. neben- und hintereinander finden sich unterschiedliche Strömungsbilder	<input type="checkbox"/> dicht hintereinander wechseln sich schnell und langsam fließendes Wasser ab	<input type="checkbox"/> Wechsel von langsam und schnell fließendem Wasser in größeren Abständen	<input type="checkbox"/> Wechsel von langsam und schnell fließendem Wasser erkennbar	<input type="checkbox"/> Strömung einheitlich		
8. <b>Tiefenvarianz</b> • Wie groß ist die Variation von tiefen und flacheren Gewässerbereichen? (ggf. mit Stock sondieren)	<input type="checkbox"/> sehr groß, d.h. tiefe und flache Gewässerbereiche wechseln mosaikartig ab	<input type="checkbox"/> groß	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> keine		
9. <b>Gewässersohle</b> • Wie ist die Gewässersohle beschaffen? (ggf. mit Stock sondieren)	<input type="checkbox"/> mosaikartige Verteilung von Sand/Kies/Steinen und Totholz; Inselbildungen ausgeprägt	<input type="checkbox"/> Gewässersohle abwechslungsreich (Sand/Kies/Steine/Totholz); Inselbildungen in Ansätzen	<input type="checkbox"/> Gewässersohle gleichmäßiger, unterschiedliche Abstände	<input type="checkbox"/> Gewässersohle über größere Strecken verschlammte, versandet und/oder gepflastert bzw. betoniert	<input type="checkbox"/> einformige Gewässersohle, vollständig verschlammte und/oder gepflastert bzw. betoniert		
10. <b>Durchgängigkeit</b> • Gibt es natürliche Hindernisse im Wasser, die Wanderungen von Tieren im Gewässer einschränken? (schlechteste Bewertung zählt)	<input type="checkbox"/> keine Hindernisse <input type="checkbox"/> natürlicher Wasserfall/Kaskade	<input type="checkbox"/> Verrohrung < 2 m <input type="checkbox"/> künstl. Stufe aus einzelnen Steinen, kann von Fischen und Wirbellosen überwandlen werden	<input type="checkbox"/> Verrohrung 2-5 m <input type="checkbox"/> Stufe < 30 cm, kann von Fischen überwandlen werden; ggf. Fischtreppe	<input type="checkbox"/> Stufe oder andere Barriere 30-100 cm	<input type="checkbox"/> Verrohrung > 10 m <input type="checkbox"/> Stufe oder andere Barriere > 100 cm		
<b>Bestimmung der Gewässerstrukturgüte</b>		<b>Mittelwert</b>	<b>Gewässerstrukturgüte</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Gewässerstrukturgüte</b>	<b>Mittelwert</b>	<b>Gewässerstrukturgüte</b>
		1,0 - 1,4	1,5 - 2,4	2,5 - 3,4	3,5 - 4,3	4,4 - 5,0	5,1 - 6,0
		1 sehr gut	2 gut	3 mäßig	4 unbefr.	5 schlecht	
		Summe (der Einzelbewertungen von 1. bis 10.)			Summe (der Einzelbewertungen von 1. bis 10.)		
		<b>Mittelwert = Gesamtbewertung Gewässerstruktur</b>			<b>Mittelwert = Gesamtbewertung Gewässerstruktur</b>		

\* gegebenfalls linkes und rechtes Ufer getrennt bewerten und Mittelwert bilden



► M 11.2

## Ökologische Bewertung eines Baches

### Wasserqualität – Vereinfachte Untersuchung

#### Zielgruppe

Ab Klasse 7

#### Fachbezug

Biologie, Chemie, Lernbereich Naturwissenschaften,  
Projektunterricht

#### Ziele

- Erkennen, dass auch ohne (technische) Hilfsmittel eine Einschätzung der Wasserqualität möglich ist
- Sinnesorgane als „Messgeräte“ einsetzen

#### Material

- 2 durchsichtige Schraubdeckelgläser (z.B. Marmeladengläser), eins davon mit Leitungswasser als Referenzprobe
- Bewertungsbogen
- Klemmbrett
- Bleistift

#### Allgemeine Hinweise

Anhand von vier einfachen Parametern können Schülerinnen und Schüler ohne jegliche Hilfsmittel die Wasserqualität eines Fließgewässers einschätzen und bekommen Hinweise, ob Belastungen in einem Gewässerabschnitt vorliegen.

#### Durchführung

In Gruppen. Weitere Einzelheiten ► SEITE 215-218 ERLÄUTERUNGEN ZUM BEWERTUNGSBOGEN

#### Vertiefungsmöglichkeiten

Hypothesen über die vorliegenden Belastungen eines Gewässerabschnittes aufstellen (Nährstoffbelastung/ Eutrophierung; organische Belastung/Abwasser), um Arbeitsschritte zur chemisch-physikalischen Untersuchung der Wasserqualität ► M 11.3 zu planen (Überprüfung der Hypothesen).



Bewertungsstufen				
sehr gut (blau)	gut (grün)	mäßig (gelb)	unbefriedigend (orange)	schlecht (rot)
<b>M 11.2 Wasserqualität – Vereinfachte Untersuchung</b>				
<p>Gewässer:</p> <p>Abschnitt:</p> <p>Datum / Uhrzeit:</p> <p>Wetter:</p>				
<p><b>11. Geruch</b> • Mit Trinkwasserprobe vergleichen</p> <p><b>12. Farbe</b> • Mit Trinkwasserprobe vor weißem Hintergrund vergleichen</p> <p><b>13. Steinunterseiten &gt; Eutrophierungsneigung</b> • Ist die Oberseite von Steinen oder von anderen Hartsubstrat von einem grün-braunen Algenrasen überzogen? (zunächst mit den Fingern fühlen u. anschauen; evtl. Lupe zur Hilfe nehmen) <i>Achtung! Moose und Wasserpflanzen sind hier nicht gemeint!</i></p> <p><b>14. Steinunterseiten &gt; Sauerstoff im Gewässerbett</b> • Ist die Unterseite von Steinen oder anderen Hartsubstraten schwärzlich verfärbt? (Hinweis auf Sauerstoffmangel in der Gewässersohle)</p>	<p><input type="checkbox"/> nahezu geruchlos, frisch</p> <p><input type="checkbox"/> farblos, klar (schwach bräunliche Färbung durch Humusstoffe z.B. in Mooregebieten möglich)</p> <p><input type="checkbox"/> kein Algenrasen zu erkennen</p> <p><input type="checkbox"/> keine Verfärbung</p>	<p><input type="checkbox"/> Geruch vorhanden, aber nicht unangenehm</p> <p><input type="checkbox"/> leicht getrübt</p> <p><input type="checkbox"/> Steine/Hartsubstrat vereinzelt (vor allem an sonnigen Stellen) von einem dünnen Algenfilm überzogen</p> <p><input type="checkbox"/> Steinunterseiten nur in Stillwasserzonen mit Verfärbung</p>	<p><input type="checkbox"/> unangenehmer, muffiger Geruch ; Schlammablagerungen können nach faulen Eiern (H<sub>2</sub>S) riechen</p> <p><input type="checkbox"/> stärker getrübt oder grünlich gefärbt (durch fädige Grünalgen oder freischwebende Algen/Phytoplankton)</p> <p><input type="checkbox"/> Steine/Hartsubstrat flächenhaft von grün-braunem Algenrasen überzogen; fädige Grünalgen im freien Wasser</p> <p><input type="checkbox"/> Steinunterseiten überall mit grauer bis schwarzer Verfärbung</p>	

Auswertung
<p><b>Achtung, keine Mittelwertbildung, sondern Überlegung ist gefragt!</b></p> <p><b>Welches sind die besonderen Probleme an dieser Probestelle? Muss möglicherweise weitergeforstet werden?</b></p> <p>1. Bei welchem Parameter ist die Bewertung schlechter als Bewertungsstufe 2?</p> <p><input type="checkbox"/> Bei keinem: Die Wasserqualität ist in Ordnung</p> <p><input type="checkbox"/> bei Parameter: _____</p> <p>2. Auf welche Probleme und Belastungen könnte dies hinweisen?</p> <p><input type="checkbox"/> Eutrophierung/Überdüngung (sichtbar v.a. an Algen im Wasser und/oder auf den Steinen, verursacht durch zu hohen Nährstoffgehalt)</p> <p><input type="checkbox"/> Sauerstoffmangel; Abwasserbelastung (erkennbar am Geruch des Wassers und des schlammigen Sedimentes sowie an verfärbten Steinunterseiten)</p> <p><b>Eine physikalisch-chemische Untersuchung des Wassers gibt genauere Auskunft (Bewertungsbogen M 11.3)</b></p>



► M 11.3

## Zielgruppe

Sek.II

## Fachbezug

Biologie, Chemie, Lernbereich Naturwissenschaften,  
Projektunterricht

## Ziele

- Methoden zur chemisch-physikalischen Wasseranalyse kennenlernen und erproben
- Sorgfältigen Umgang mit Messgeräten und Chemikalien einüben
- Aussagewert (Möglichkeiten und Grenzen) von chemisch-physikalischen Messergebnissen zur Gewässergütebewertung kritisch einschätzen lernen
- Dokumentation/Darstellung von Arbeits- und Messergebnissen einüben
- begründete Deutung von Messergebnissen hinsichtlich ihrer ökologischen Bedeutung für das Untersuchungsgewässer vornehmen können

## Material

- handelsübliche Schnelltests bzw. Messgeräte (Näheres ► ERLÄUTERUNGEN SEITE 219-228)
- Plastikflaschen zur Probenahme
- Gummistiefel

## Allgemeine Hinweise

Die Untersuchung chemisch-physikalischer Parameter darf nicht um ihrer selbst willen durchgeführt werden, sondern sollte problemorientiert erfolgen und letztlich nach dem Ausmaß und den Ursachen der Gewässerbelastung fragen.

Nach einer vereinfachten Beurteilung der Wasserqualität (► M 11.2) werden Hypothesen über die spezifischen Probleme und bestimmte belastende Inhaltsstoffe eines Gewässerabschnittes aufgestellt, die dann durch gezielte Untersuchungen überprüft werden.

**Es ist nicht erforderlich, alle aufgelisteten Parameter der Reihe nach zu messen, wichtiger ist es, eine begründete Auswahl zu treffen!**

Hat sich beispielsweise bei der Voruntersuchung gezeigt, dass das Gewässer Eutrophierungserscheinungen zeigt (Algenbelag auf Steinen, grünlich verfärbtes Wasser), sollten die Nährstoffe (Phosphat,

## Ökologische Bewertung eines Baches

### Wasserqualität – Chemische und physikalische Parameter

Nitrat) sowie der Sauerstoffgehalt zu verschiedenen kritischen Tageszeiten (früher Morgen, früher Nachmittag) überprüft werden. Bei einem Fischsterben sollte die Nitrit- und Ammoniumbelastung, der pH-Wert und der Sauerstoffgehalt überprüft werden. Der Verdacht auf Einleitung ungereinigter Abwässer würde sich durch eine Erhöhung des Ammoniums und des BSB bestätigen lassen.

## Vorbereitung

### ● Im Unterricht

Folgende Aspekte sind als Hintergrundwissen zur Planung und Auswertung der chemisch-physikalischen Untersuchungen unerlässlich:

- Stoffhaushalt im Fließgewässer (v.a. Stickstoffkreislauf, Dynamik des Sauerstoffhaushaltes) ► KAP. 3
- Selbstreinigung ► KAP. 3.3
- Eutrophierung (Ursachen und Auswirkung) ► KAP. 6.3
- Auf welche Belastungen weisen die jeweiligen Inhaltsstoffe hin?
- Herkunft/ökologische Bedeutung von gewässerbelastenden Stoffen ► ABB. 6-7

### ● Im Freiland

► M 11.2 WASSERQUALITÄT (vereinfachte Untersuchung)

## Durchführung

In Gruppen. Weitere Einzelheiten

► ERLÄUTERUNGEN ZUM BEWERTUNGSBOGEN SEITE 219-228

## Auswertung/Vertiefungsmöglichkeiten

- Ergebnisse in ► M 11.7 BEWERTUNGSSONNE eintragen
- Räumliche und zeitliche Veränderung von Messergebnissen graphisch darstellen
- Probleme/Belastungsschwerpunkte dieses Gewässerabschnittes benennen
- Ökologische Bedeutung der Belastungen diskutieren; mögliche Auswirkungen werden in den Erläuterungen zu jedem Parameter detailliert beschrieben.
- ✗ Welche Auswirkungen haben die Belastungen auf den Bach und seine Biozönose?
- Sanierungsmöglichkeiten diskutieren
- Messergebnisse mit den aktuellen Ergebnissen des Hessischen Gewässergütemessprogrammes (► www.hlug.de) oder anderen Untersuchungen vergleichen, dabei auf räumliche und zeitliche Veränderungen achten. Ein computergestützter Austausch von Gewässerdaten mit anderen Schulen ist über ► HESSNET möglich.
- ✗ Wie ist die Belastung an anderen Stellen? Wie verändert sie sich im Laufe der Fließstrecke?
- ✗ Wie war die Belastung in der Vergangenheit?



Bewertungsstufen					
Messwert	1 nicht belastet / sehr gut (blau)	2 wenig belastet / gut (grün)	3 mäßig belastet / mäßig (gelb)	4 kritisch belastet / unbefriedigend (orange)	5 übermäßig belastet / schlecht (rot)
<b>M 11.3 Wasserqualität – physikalische und chemische Parameter</b>					
<b>15. Temperatur [°C]</b> • im Sommer	<input type="checkbox"/> < 18	<input type="checkbox"/> 18 - 20	<input type="checkbox"/> 20 - 22	<input type="checkbox"/> 20 - 24	<input type="checkbox"/> > 24
<b>16. pH-Wert</b> • Hinweis auf Versauerung bzw. Eutrophierung	<input type="checkbox"/> 6,5 - 8,0 <input type="checkbox"/> in Moorbächen natürlicherweise < 6,5	<input type="checkbox"/> 6,0 - 6,4 oder 8,1 - 8,5	<input type="checkbox"/> 5,5 - 5,9 oder 8,6 - 9,0	<input type="checkbox"/> 5,0 - 5,4 oder 9,1 - 9,5	<input type="checkbox"/> < 5,0 oder > 9,5
<b>17. Leitfähigkeit [µS/cm]</b> • Hinweis auf Ionenbelastung allgemein, Versalzung im besonderen (Geologie des Einzugsgebietes berücksichtigen, vgl. Erläuterungen)	<input type="checkbox"/> < 300	<input type="checkbox"/> 301 - 500	<input type="checkbox"/> 501 - 700	<input type="checkbox"/> 701 - 900	<input type="checkbox"/> > 900 <input type="checkbox"/> Achtung! In Kalkbächen natürlicherweise bis 900
<b>18. Sauerstoff [% Sättigung]</b> • Untersättigung = Hinweis auf organische Belastung; Übersättigung = Hinweis auf Eutrophierung	<input type="checkbox"/> 91 - 110	<input type="checkbox"/> 81 - 90 oder 111 - 120	<input type="checkbox"/> 70 - 80 oder 121 - 130	<input type="checkbox"/> 60 - 70 oder 131 - 140	<input type="checkbox"/> < 60 oder > 140
<b>19. Ammonium-Stickstoff [mg/l] NH<sub>4</sub>-N</b> • Hinweis auf vor kurzer Zeit erfolgte Fäkalienbelastung (Abwasser, Gülle); Eutrophierungsgefahr, akute Toxizität x 0,8*	<input type="checkbox"/> < 0,04 <input type="checkbox"/> in Moorbächen natürlicherweise bis 1	<input type="checkbox"/> 0,05 - 0,3	<input type="checkbox"/> 0,31 - 0,6	<input type="checkbox"/> 0,7 - 1,2	<input type="checkbox"/> > 1,2
<b>20. Nitrit-Stickstoff [mg/l] NO<sub>2</sub>-N</b> • Hinweis auf Fäkalienbelastung (Abwasser, Gülle); Fischgift, Eutrophierungsgefahr x 0,3*	<input type="checkbox"/> < 0,01	<input type="checkbox"/> 0,02 - 0,1	<input type="checkbox"/> 0,11 - 0,2	<input type="checkbox"/> 0,21 - 0,4	<input type="checkbox"/> > 0,4
<b>21. Nitrat-Stickstoff [mg/l] NO<sub>3</sub>-N</b> • Hinweis auf weiter zurückliegende Fäkalienbelastung (Abwasser, Gülle); Eutrophierungsgefahr x 0,2*	<input type="checkbox"/> < 1,0	<input type="checkbox"/> 1,1 - 2,5	<input type="checkbox"/> 2,6 - 5,0	<input type="checkbox"/> 5,1 - 10	<input type="checkbox"/> > 10
<b>22. Phosphat-Phosphor [mg/l] PO<sub>4</sub>-P</b> • Hinweis auf Belastung mit Abwasser und/oder anorganischen Düngemitteln; Eutrophierungsgefahr x 0,3*	<input type="checkbox"/> < 0,02	<input type="checkbox"/> 0,03 - 0,1	<input type="checkbox"/> 0,11 - 0,2	<input type="checkbox"/> 0,21 - 0,4	<input type="checkbox"/> > 0,4
<b>23. Biochemischer Sauerstoffbedarf BSB<sub>5</sub> [mg/l O<sub>2</sub>]</b> • Hinweis auf Belastung mit sauerstoffzehrenden Stoffen; organische Belastung x 0,3*	<input type="checkbox"/> < 1,0	<input type="checkbox"/> 1,1 - 3,0	<input type="checkbox"/> 3,1 - 5,0	<input type="checkbox"/> 5,1 - 10	<input type="checkbox"/> > 10

**Auswertung**

**Achtung, keine Mittelwertbildung, sondern Überlegung ist gefragt! – Welches sind die besonderen Probleme an dieser Probestelle?**

- Wurden einzelne Parameter schlechter als Bewertungsstufe 2 bewertet?  
 Nein: Die Wasserqualität ist in Ordnung  Ja: Überlegen und diskutieren: \_\_\_\_\_
- Welche besonderen Probleme bestehen an dieser Probestelle (Näheres in Spalte 1)? – Gibt es aufgrund der Einzelergebnisse Hinweise auf:  
 Eutrophierung  Versauerung  Fäkalienbelastung  giftige Stoffe \_\_\_\_\_
- Welche Ursache(n) könnte(n) die Belastung(en) haben?  
 Abwasserreinigung  Kanalisationseinleitungen  diffuse Einträge von umgebenden Flächen  \_\_\_\_\_

\* Der Umrechnungsfaktor muss gegebenenfalls berücksichtigt werden, wenn mit Schnelltests gearbeitet wird, die die Masse des gesamten Moleküls (NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub> bzw PO<sub>4</sub>) nachweisen, denn die Angaben in der Bewertungstabelle beziehen sich nur auf den N- bzw. P-Anteil. Dies ermöglicht den Vergleich mit Ergebnissen der amtlichen Gewässergütebewertung.



► M 11.4

# Ökologische Bewertung eines Baches

## Biologische Gewässergüte

### Zielgruppe

ab Klasse 7

### Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

### Ziele

- Vielfalt der Tiere im Gewässer erkunden und Biologische Gewässergüte bestimmen

### Material

- Stabiles Klemmbrett mit Bewertungsbogen ► M 11.4 und Bestimmungsbogen ► M 11.5
- evtl. Bestimmungsbücher mit Fotos
- Bleistift (schreibt auch bei Regen)
- Engmaschiges Haushaltssieb
- Flache weiße Plastikschalen (Foto- oder Haushaltsschalen)
- Weiche Pinsel oder Federstahlpinzette (zum Absammeln der Tiere)
- Gefäße zum Sortieren der Tiere (Marmeladenglasdeckel, Petrischalen)
- Taschenrechner (zur Berechnung des Saprobienindex)
- Lupe
- Gummistiefel, wetterfeste Kleidung

### Allgemeine Hinweise

Auf diesem Weg lernen die Schülerinnen und Schüler wirklich im besten Sinne biologisch zu arbeiten: Sie beschäftigen sich mit Tieren, die sie meist bis dahin nicht zu Gesicht bekommen haben und auch in dieser Vielfalt (zumindest, wenn ein intakter Bach untersucht wird) so nicht vermutet haben.

### Vorbereitung

#### ● Im Unterricht

Allgemeine Verhaltensregeln (Umgang mit den Tieren und Geräten, Verhalten am Bach) sollten vorher erklärt werden, ebenso das Verfahren zur Berechnung des Saprobienindex. Hintergründe zur Biologischen Gewässergütebewertung können in einem Referat vorgestellt werden. (► KAP. 10.3 ► FOLIE 7 und ► FOLIE 8 ► HESSISCHER GEWÄSSERGÜTEBERICHT 1997)

### Durchführung

Hinweise zur Erhebung und Auswertung der Biologischen Gewässergüte sowie zur ökologischen Bedeutung und den Ursachen für Defizite. ERLÄUTERUNGEN ZUM BEWERTUNGSBOGEN  
► SEITE 243-245

### Vertiefungsmöglichkeiten

#### ● Ausführliche Bestimmung des Saprobienindex

Hier ist nur eine vereinfachte biologische Gewässergütebestimmung vorgeschlagen. Um den Saprobienindex genau zu bestimmen, müssen die Tiere näher bestimmt werden. Eine gute und praktikable Anleitung, einschließlich Bestimmungsschlüssel bis auf Gattungsebene geben BARNTH/BOHN (1996).

#### ● Datenaustausch und Vergleich der Ergebnisse

Ergebnisse mit denen des Hessischen Gewässergütemessprogrammes (Biologische Gewässergütekarte) (► [www.hlug.de](http://www.hlug.de)) vergleichen, dabei auf räumliche und zeitliche Veränderungen achten. Ein computergestützter Austausch von Gewässerdaten mit anderen Schulen ist über ► HESSNET möglich.

Biologische Gewässergütekategorie (LAWA)		Saprobienindex	
I	Unbelastet bis sehr gering belastet	1,0-1,4	<span style="color:blue">■</span>
I-II	Gering belastet	1,5-1,7	<span style="color:lightblue">■</span>
II*	Mäßig belastet	1,8-2,2	<span style="color:green">■</span>
II-III	Kritisch belastet	2,3-2,6	<span style="color:lightgreen">■</span>
III	Stark verschmutzt	2,7-3,1	<span style="color:yellow">■</span>
III-IV	Sehr stark verschmutzt	3,2-3,4	<span style="color:orange">■</span>
IV	Übermäßig verschmutzt	3,5-4,0	<span style="color:red">■</span>

\*gesetzlich vorgeschriebenes Qualitätsziel

Literatur  
Graw, M. (2001): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. Schriftenreihe der Vereinigung Deutscher Gewässerschutz. Band 64. Bonn.  
SCHWAB, H. (1995): Süßwassertiere. Ein ökologisches Bestimmungsbuch. Ernst Klett Verlag. Stuttgart.

# M 11.4 Biologische Gewässergüte



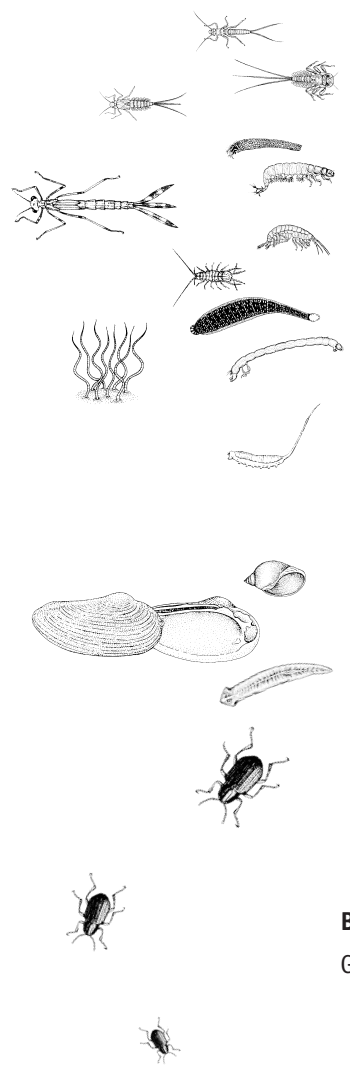
Gewässer: \_\_\_\_\_

Probestelle: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

## SO WIRD DIE BIOLOGISCHE GEWÄSSERGÜTE BESTIMMT:

1. Einen repräsentativen Gewässerabschnitt von mehreren Metern Länge ca. 15 Minuten gründlich nach vorhandenen Tieren absuchen. Darauf achten, dass alle vorhandenen Substrate untersucht werden (Steine, Kies, Sand, Schlamm, Wasserpflanzen, Laub, etc.).
2. Tiere bestimmen und Anzahl in die folgende Tabelle eintragen. Bereits jetzt lässt sich anhand der Zeigerwerte die Biologische Gewässergüte erkennen.
3. Biologische Gewässergüte berechnen: Dazu zunächst das Produkt (A · s) für jede Spalte berechnen, die Gesamtzahl der Tiere ausrechnen (nur die mit Zeigerwerten!) und diese durch die Gesamtsumme teilen.
4. Ergebnis in Tabelle (ganz unten auf der Seite) eintragen.



GEFUNDENE TIERE*	Anzahl Tiere (A)	Zeigerwert (s)	Produkt (A · s)
Steinfliegenlarve (1,0 - 1,6)		1,3	=
Flache, größere Eintagsfliegenlarven (1,2 - 1,7)		1,5	=
Runde, kleinere Eintagsfliegenlarven (1,7 - 2,3)		2,0	=
Köcherfliegenlarven mit Köcher (1,0 - 2,2)		1,5	=
Köcherfliegenlarven ohne Köcher (1,5 - 2,0)		1,8	=
Libellenlarven (1,5 - 2,1)		2,0	=
Flohkrebse (1,6 - 2,4)		2,0	=
Wasserasseln (2,7)		2,7	=
Egel (2,2 - 2,7)		2,5	=
Rote Zuckmückenlarve (3,2 - 3,4)		3,3	=
Rote Schlammröhrenwürmer (3,5)		3,5	=
Rattenschwanzlarve (4,0)		4,0	=
<b>GESAMTZAHL TIERE:</b>	<input type="text"/>	<b>GESAMTSUMME:</b>	<input type="text"/>

\*Zeigerwerte (= Saprobiewerte) dieser Gruppe je nach Art (nach DIN 1990)

ANDERE GEFUNDENE TIERE*	Anzahl Tiere (A)
Schnecken (1,0 - 2,8)	
Muscheln (1,8 - 2,3)	
Plattwürmer/Strudelwürmer (1,1 - 2,3)	
Andere Mückenlarven	
Käfer oder Käferlarven (1,1 - 1,6)	

\*gehen nicht in Bewertung ein, da ohne aussagefähigen Zeigerwert

## BERECHNUNG DER BIOLOGISCHEN GEWÄSSERGÜTE:

GESAMTSUMME  : GESAMTZAHL TIERE  = BIOLOGISCHE GEWÄSSERGÜTE

Bewertungsstufen	1 nicht belastet (blau)	2 mäßig belastet (grün)	3 kritisch belastet (gelb)	4 stark belastet (orange)	5 übermäßig belastet (rot)
24. Biologische Gewässergüte	<input type="checkbox"/> 1,0 - 1,4	<input type="checkbox"/> 1,5 - 2,2	<input type="checkbox"/> 2,3 - 2,6	<input type="checkbox"/> 2,7 - 3,1	<input type="checkbox"/> 3,2 - 4,0

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

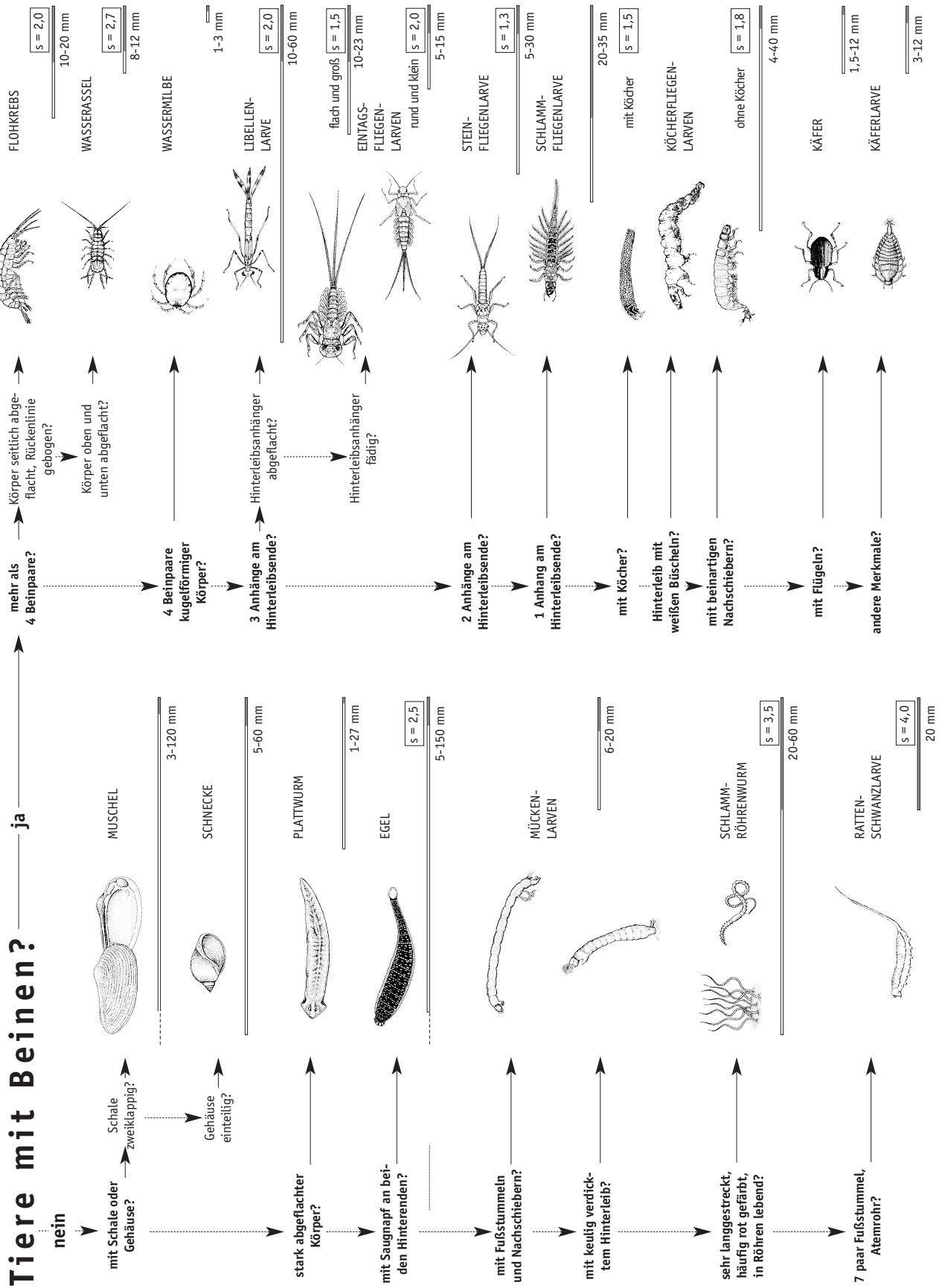






## Bestimmungsschlüssel für die häufigsten wirbellosen Tiere in Fließgewässern

**Vorgehensweise:** Gehe nach rechts (durchgezogener Pfeil), wenn du die Frage mit „ja“ beantwortest; gehe nach unten weiter (punktierter Pfeil), wenn du die Frage mit „nein“ beantwortest.



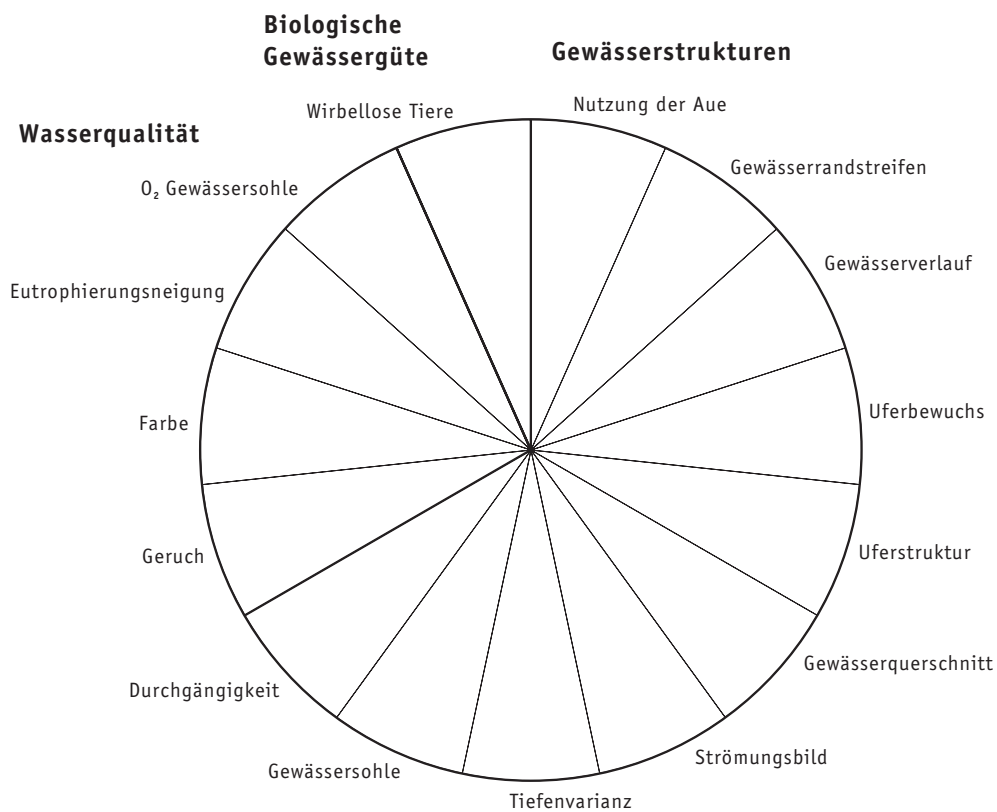
Achtung: Natürlich gibt es noch eine Reihe anderer Tiere, die im Bestimmungsschlüssel nicht zu finden sind!

nach WASSMANN/XYLANDER, verändert



### Gesamtbewertung – Zusammenfassung der Ergebnisse (Vereinfachte Untersuchung)

Gewässer: \_\_\_\_\_  
 Abschnitt/Probestelle: \_\_\_\_\_  
 Datum: \_\_\_\_\_  
 Bearbeitet von: \_\_\_\_\_



**Aufgabe** Zeichne für jeden Parameter die Bewertungsergebnisse farbig in die Bewertungssonne ein.

Blau = sehr gut

Gelb = mäßig

Rot = schlecht

Grün = gut

Orange = unbefriedigend



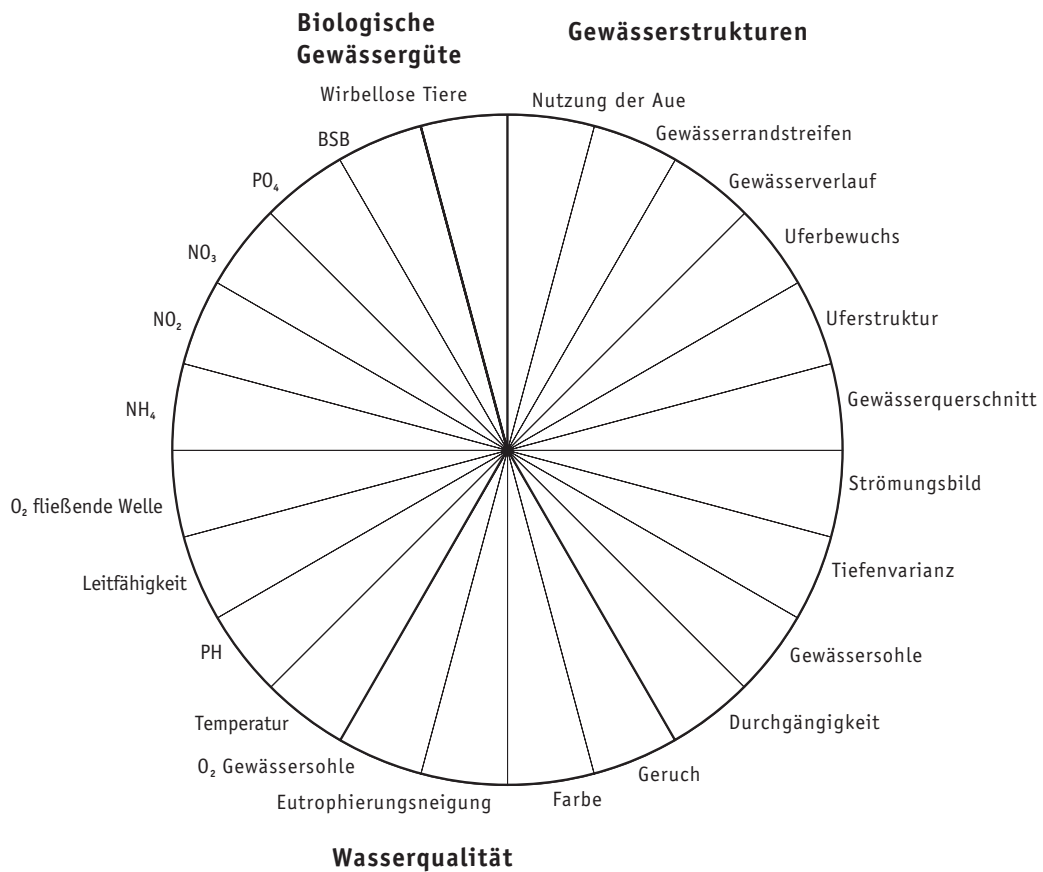
## Gesamtbewertung – Zusammenfassung der Ergebnisse (Ausführliche Untersuchung)

Gewässer: \_\_\_\_\_

Abschnitt/Probestelle: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Bearbeitet von: \_\_\_\_\_



Zeichne für jeden Parameter die Bewertungsergebnisse farbig in die Bewertungssonne ein.

Blau = sehr gut

Gelb = mäßig

Rot = schlecht

Grün = gut

Orange = unbefriedigend

Aufgabe 0

## Projektbericht – Ökologische Bewertung eines Baches



Der ökologische Zustand eines Baches lässt sich nicht mit einer Gesamtnote darstellen, sondern muss ausführlicher erläutert werden. Deshalb sollten die Bewertungsergebnisse, die Beobachtungen und Schlussfolgerungen in einem schriftlichen Abschlussbericht oder einer Wandzeitung zusammengestellt werden. Dabei helfen die folgenden Leitfragen.

### I. Beschreibung des Gewässers

- Name, Lage, Besonderheiten, Geschichte, Nutzungen, etc.
- Untersuchungsmethoden; Fotodokumentation

### II. Bewertungsergebnisse

- Zusammenstellung und Erläuterung der Gesamtbewertungen (► M 11.7) für die einzelnen Bachabschnitte  
Weitere Vorschläge:
- Gewässerstruktur und Gewässerumfeld: Ergebnisse farbig in Karte einzeichnen
- Wasserqualität: Messergebnisse graphisch darstellen und in Karte zuordnen
- Biologische Gewässergüte: Ergebnisse farbig in Karte einzeichnen

### III. Welches sind die besonderen Probleme dieses Gewässerabschnittes?

Probleme sind da, wenn bei einem Parameter Bewertungsstufe 3 und 4 festgestellt wurde!

- Keine; das Gewässer und sein Umfeld ist naturnah, das Wasser ist nicht oder nur mäßig belastet
- Gewässerstruktur und Gewässerumfeld. Wo im besonderen?
- Nährstoffbelastung/Eutrophierung?
- Belastung mit sauerstoffzehrenden Stoffen/Sauerstoffmangel?
- Andere (Giftige Stoffe, Versauerung, Versalzung, etc.)?

### IV. Welches könnten die Ursachen für die Belastungen sein?

- Gewässerausbau, wenn ja, in welcher Form und seit wann?
- Abwassereinleitungen (Kläranlagen, Kanalisationseinleitungen), wo liegen sie?
- Landwirtschaft?
- Aufstau des Gewässers?
- Andere (Industrie, Verkehr, Freizeitnutzung, etc.)?
- Nicht eindeutig festzustellen

### V. Welche Verbesserungsmöglichkeiten gibt es?

- Renaturierung, Verbesserung der Gewässerstruktur; wie und wo genau? (► M 7.2)
- Verbesserte Abwasserreinigung?
- Verminderung der Kanalisationseinleitungen?
- Öffentlichkeitsarbeit (Information von Landwirten, Anwohnern, etc.)?
- Andere?
- Keine Verbesserung möglich

Wichtige Hinweise zur Beantwortung der Fragen III, IV und V siehe ► ERLÄUTERUNGEN ZU DEN BEWERTUNGSBÖGEN SEITE 204-231

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen



Sachinformationen zum Thema	
Gewässerstruktur und Gewässerumfeld	▶ 204
Wasserqualität – Vereinfachte Untersuchung	▶ 226
Wasserqualität – Chemischer und physikalische Parameter	▶ 231
Biologische Gewässergüte	▶ 243



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### Allgemeine Hinweise

Die Gewässerstruktur beschreibt das äußere Erscheinungsbild eines Fließgewässers mit den Teilbereichen Wasser, Gewässersohle, Ufer und Aue (Gewässerumfeld). Die Gewässerstrukturgüte bewertet die ökologische Qualität der Gewässerstrukturen und zeigt an, inwieweit ein Gewässer durch menschlichen Einfluss von seinem (potenziell) natürlichen Zustand abweicht.

#### Auswahl des Kartierungsabschnittes

Mit dem Bewertungsbogen können **Mittelgebirgsbäche von 0,5 bis maximal 10 m Breite** analog zur amtlichen Gewässerstrukturgütekartierung nach LAWA bewertet werden, kleinere und größere Gewässer sowie Flachlandbäche aufgrund ihrer Besonderheiten jedoch nicht!\* Die Kartierung eines einzigen Gewässerabschnittes ist wenig aussagekräftig. Es gilt die charakteristischen Veränderungen eines Baches in seinem Verlauf zu erfassen. So bietet sich ein Vergleich von Bachabschnitten an, bei denen exemplarisch der Kontrast von naturnaher und naturferner Gewässerstruktur deutlich wird. Zum Beispiel:

- außerhalb einer Ortschaft – innerhalb einer Ortschaft
- im (naturnahen) Wald – in intensiv genutzten Bereichen (z.B. Landwirtschaft)
- renaturierter Abschnitt – ausgebauter Abschnitt

\* Für die Bewertung der Gewässerstrukturgüte von Flachlandbächen gibt es ein vereinfachtes Bewertungsverfahren in Graw (2001). (► Anhang)

#### Vorgehen bei der Kartierung

Das Gewässer wird abschnittsweise bewertet. **Die Länge der Abschnitte sollte ca. 100 m, mindestens jedoch 50 m** betragen. Bei der Auswahl der Abschnitte darauf achten, dass die Gewässerabschnitte in sich etwa gleichartig aussehen. Zunächst läuft man den ganzen Bachabschnitt entlang und beobachtet genau, erst dann wird der Bogen ausgefüllt. Zur Bewertung werden 10 Einzelparameter erhoben. **Die Zuordnung der Bewertungsstufen** wird durch Leitfragen, kleine Piktogramme (sie repräsentieren jeweils einen 100 m-Abschnitt) sowie durch ausführliche Erläuterungen zu jedem einzelnen Parameter erleichtert. Bewertet wird der überwiegende Zustand des Abschnittes in Bezug auf den Parameter. Faustregel: **Die Aussage der Bewertungsstufe muss auf den überwiegenden Teil des Gewässerabschnittes zutreffen (d.h. auf mehr als 50%).**

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### Probleme mit der Zuordnung der Bewertungsklasse? Zweifelsfälle?

**Überlegen: In welchem Maße hat der Mensch an dem äußeren Erscheinungsbild des Gewässers und seinem Umfeld etwas verändert?** Außerdem die Fragestellung auf dem Bewertungsbogen sowie die ausführlichen Erläuterungen zu den einzelnen Parametern genau lesen. Grundsätzlich ist bei der Strukturgütebewertung die Zuordnung der Bewertungsstufen subjektiver und weniger reproduzierbar als z.B. bei chemischen Parametern, denn es kann kein Messwert abgelesen werden, sondern die Entscheidung für eine Bewertungsstufe muss durch Beobachtung und Abschätzung getroffen werden. In Zweifelsfällen sollte man nach dem Ausschlussprinzip vorgehen, die Bewertungsstufen gegeneinander abwägen und sich für die am ehesten zutreffende entscheiden. Es können auch Zwischenstufen als Einzelbewertung eingetragen werden. Letztlich ist die Zuordnung von der (Natur-) Erfahrung der Kartierenden abhängig. In der Regel bewerten Schüler, die nur kanalisierte Stadtbäche kennen, ein Gewässer optimistischer als solche, die naturnahe Bäche aus eigener Anschauung kennen. Dies ist die Problematik und zugleich der Reiz und der didaktische Wert der Strukturgütebewertung. **Ausschlaggebend ist für die Bewertung: Je stärker die Abweichung vom (potenziellen) Naturzustand, desto schlechter die Bewertung!**

#### Auswertung



Aus den Einzelbewertungen wird ein einfacher Mittelwert gebildet und danach die Gewässerstrukturgüteklasse zugeordnet. Die Einzelergebnisse werden zur Gesamtauswertung in ► M 11.6 oder ► M 11.7 eingetragen.



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

**1. Nutzung der Aue** (Gegebenenfalls rechtes und linkes Ufer getrennt bewerten und Mittelwert bilden)

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>naturnaher Wald (Laubbäume)</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p>extensive Nutzung oder <b>Brache</b>: nicht gedüngte oder wenig beweidete Wiesen, keine Bebauung</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p>kleinere Äcker, Weiden oder <b>Gärten</b> oder Nadelwald</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>intensive Landwirtschaft, Äcker</b> und / oder Nadelwald</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>geschlossene Ortschaft</b> oder Industriegebiet</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 1. Nutzung der Aue

##### Erläuterungen zur Bewertung

Bei der Erhebung des Parameters „Nutzung der Aue“ geht es vor allem um die **Intensität der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung** sowie die Bebauung im Einflussbereich des Gewässers. Als naturnah (Bewertungsstufe 2) gelten nur Nutzungsformen, die Staunässe und teilweise Überschwemmungen vertragen (d.h. naturnaher Wald, Brache, extensive Landwirtschaft; nicht jedoch Ackerbau, intensive Weidewirtschaft sowie dichte Bebauung). Zur Bewertung wird die überschaubare Umgebung (ca. 300 m Umkreis) des jeweiligen Abschnittes herangezogen.

**Unterschiedliche Ufer:** Unterscheiden sich die Nutzungen am linken und rechten Ufer (z.B. Linkes Ufer: Wald = Bewertungsstufe 1, rechtes Ufer: Acker = Bewertungsstufe 4), wird jeweils die für das linke und rechte Ufer zutreffende Bewertung getrennt angekreuzt und in der letzten Spalte als Einzelbewertung der Mittelwert gebildet (für das genannte Beispiel wäre dies 2,5).

##### Ökologische Bedeutung

Fließgewässer sind in entscheidendem Maß von ihrem näheren und weiteren Umfeld abhängig. Die Nutzung des Einzugsgebietes und des näheren Gewässerumfeldes durch den Menschen und damit einhergehende Veränderungen der Aue (Abholzung, Trockenlegung) und des Gewässerlaufes (Begradigung, Uferbefestigung, etc., um die genutzten Flächen vor Überschwemmungen und Staunässe zu schützen) haben in den meisten Fällen negative Auswirkungen auf die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers:






- **Vielfalt von gewässerbegleitenden Biotopen**, damit einhergehender Artenrückgang
- **Einschränkung des Hochwasserrückhaltevermögens**, Verlust der Eigendynamik und Strukturvielfalt
- **Einschränkung des Strukturregenerationsvermögens** (eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen Gewässerstruktur)
- **Verschlechterung der Wasserqualität** durch diffusen Eintrag von wasserunverträglichen Stoffen wie Nährstoffe (Dünger), Pestizide und Bodenpartikel durch Abschwemmungen von landwirtschaftlich intensiv genutzten Flächen
- **Wassertrübung durch Bodenerosion**
- **Verarmung des Landschaftsbildes.**



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### 2. Gewässerrandstreifen (Gegebenenfalls rechtes und linkes Ufer getrennt bewerten und Mittelwert bilden)

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>&gt; 20 m</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>ca. 5 - 20 m</b></p>	<p>Foto: C. Günther</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>ca. 2 - 5 m</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>&lt; 2 m</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>nicht vorhanden</b></p>	<p>Foto: C. Günther</p> 

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 2. Gewässerrandstreifen

##### Erläuterungen zur Bewertung

Entscheidend ist, bis zu welcher Breite **ein naturbelassener, nicht genutzter Uferstreifen** entlang des Gewässers vorhanden ist. Auf einem solchen Gewässerrandstreifen befindet sich kein Weg, er wird nicht gemäht, er wird nicht als Weide genutzt, es wachsen dort keine Kulturpflanzen oder standortfremde Bäume (d.h. es gibt einen natürlichen Bewuchs aus Hochstauden und/oder Gehölzen aus Erlen, Weiden und Eschen). Natürliche Uferabbrüche (Ufererosion) und Verlaufsänderungen des Gewässers sind innerhalb des Gewässerrandstreifens möglich. Ist der Gewässerrandstreifen auf dem zu bewertenden 100 m-Abschnitt unterschiedlich breit, so ist die auf diesem Abschnitt überwiegende Mindestbreite (d.h. zu 50% vorherrschende) für die Bewertung ausschlaggebend. Anfangs sollte die Breite des Gewässerrandstreifens (ab der Uferkante!) ausgemessen werden, Geübte dürfen schätzen.

**Unterschiedliche Ufer:** Unterscheidet sich die Breite des Gewässerrandstreifens am linken und rechten Ufer, wird jeweils die für das linke und rechte Ufer zutreffende Bewertung getrennt angekreuzt und in der letzten Spalte als Einzelbewertung für diesen Parameter der Mittelwert gebildet.

##### Ökologische Bedeutung

Das Ökosystem Fließgewässer endet nicht an der Uferkante, sondern hat als wesentliches Merkmal die ständige, **dynamische Wechselwirkung** mit dem umgebenden Land (Land-Wasser-Vernetzung). Nur ein genügend breiter, völlig naturbelassener Gewässerrandstreifen ermöglicht die Entwicklung gewässerbegleitender Biotope (Auenwälder, Altarme, Tümpel, Kiesbänke, etc). Gerade in der Kulturlandschaft ist die Schaffung von Gewässerrandstreifen ein erster, wichtiger und relativ einfacher Schritt zur Renaturierung eines Gewässers und die Aufwertung der ökologischen Qualität seines Umfeldes.

Die Bedeutung von Gewässerrandstreifen im Einzelnen:






- **Lebens- und Rückzugsraum** für Pflanzen und Tiere
- **Dynamik- und Entwicklungsraum** (= „Spielraum“) für das Gewässer
- **Sukzessionsraum** für natürlichen Uferbewuchs
- Beitrag zur **natürlichen Biotopvernetzung** (Wanderweg für Tiere in der Kulturlandschaft)
- **Schutz vor diffusen Einträgen** aus landwirtschaftlichen Nutzflächen (Dünger, Pestizide) und Schutz vor Eintrag von Bodenerosion („Pufferzone“)
- **Bereicherung des Landschaftsbildes.**



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### 3. Gewässerverlauf

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>geschwungen, nicht verändert</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: M. Crav</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>mäßig geschwungen (z.T. verändert)</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>gestreckt (mäßig verändert)</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>weitgehend gerade (stark verändert)</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>gerade (sehr stark verändert)</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 3. Gewässerverlauf

##### Erläuterungen zur Bewertung

Ein natürliches Gewässer verläuft niemals schnurgerade. Wenn die geographischen Verhältnisse (Talform, Untergrund) es zulassen und das Gefälle nicht zu groß ist, besteht vor allem im Unter- und Mittellauf die Tendenz der Ausbildung von Schleifen bzw. Mäandern. Ausgehend von diesem Leitbild ist für die Bewertung entscheidend, wie das Gewässer **überwiegend** (zu über 50%) innerhalb des 100 m-Abschnittes verläuft. **Lässt die Talform (Kerbtäler) einen mäandrierenden oder geschwungenen Verlauf nicht zu und ist das Gewässer nicht künstlich in seinem Verlauf verändert worden, gilt Bewertungsstufe 1.**

##### Ökologische Bedeutung

Ein natürlicher, geschwungener Gewässerverlauf ist entscheidend für die Ausbildung der typischen Strukturvielfalt, die wiederum Voraussetzung für die Funktionsfähigkeit des Ökosystems Fließgewässer ist:






- **Natürliche Hochwasserrückhaltung** durch Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit (Gewässergefälle ist durch Laufverlängerung geringer als Talgefälle)
- **Strukturvielfalt:** Durch die Mäander wird die Strömung sehr vielfältig und es kommt zu einem kleinräumig wechselnden Auf- und Abtrag von Substrat (Sand, Steinen, Kies, Totholz), zu Inselbildungen, einem Wechsel von Gleit- und Prallhängen und einem Wechsel von Still- und Schnellwasserzonen.
- Vielfältige Strukturen im und am Gewässer bedeuten **Biotop- und Artenvielfalt**.
- **Erhöhung der Selbstreinigung** durch Oberflächenvergrößerung (größeres Angebot an Wuchsfächen für Mikroorganismen, die die Selbstreinigung des Gewässers bewirken).
- **Verbessertes Strukturregenerationsvermögen** (eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen Gewässerstruktur)
- **Natürliche Landschaftsbereicherung.**



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### 4. Uferbewuchs (Gegebenenfalls rechtes und linkes Ufer getrennt bewerten und Mittelwert bilden)

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>durchgehender Gehölzsaum (Laubbäume) von mehreren Metern Breite</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>schmäler, aber durchgehender Gehölzsaum und / oder Feuchtwiese, Hochstauden, Röhricht</b></p>	<p>Foto: M. Graw</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>lückiger Gehölzsaum mit Krautflur und / oder Krautflur aus Brennnesseln u.a. Nährstoffzeigern</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>Einzelbäume; evtl. Krautflur standortfremde Vegetation (z.B. Pappeln, Nadelbäume oder Ziersträucher gemähte Ufer</b></p>	<p>Foto: C. Günther</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>keine Uferbäume, keine Krautflur, befestigter Uferstrand</b></p>	<p>Foto: C. Günther</p> 

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 4. Uferbewuchs

##### Erläuterungen zur Bewertung

Bewertet wird der Bewuchs des Uferbereiches mit Bäumen, Stauden und Krautpflanzen. Das weitere Umfeld wird mit Parameter 1 bewertet. Ausschlaggebend ist, welcher Bewuchs zu mehr als 50% im Abschnitt vorhanden ist.

**Unterschiedliche Ufer:** Unterscheidet sich die Vegetation am linken und rechten Ufer (ist z.B. nur ein Ufer von Bäumen bestanden), so wird jeweils die für das linke und rechte Ufer zutreffende Bewertung angekreuzt und in der letzten Spalte als Einzelbewertung der Mittelwert eingetragen.

Zur Bewertung ist kein vertieftes botanisches Fachwissen erforderlich. Es reicht aus, wenn man die Baumarten Weiden, Erlen und Eschen zuordnen kann, sowie Brennnesseln erkennt.

Beim Baumbestand ist wichtig, ob es sich um standorttypische, heimische Uferbäume (Weiden, Erlen, Eschen) handelt. Allerdings reicht bei Quellläufen sowie in schmalen Tälern der Einfluss des Gewässers naturbedingt für die Ausbildung einer typischen Auenvegetation häufig nicht aus. Als natürlich ist dann ein Laubmischwald anzusehen.

Der Artenbestand der krautigen Ufervegetation wird durch die Bodenfeuchtigkeit sowie den Nährstoffgehalt bestimmt. Als gut gelten:

- **Röhrichte** aus hohen Gräsern (Schilf, Rohrglanzgras). Sie kommen vor allem im Flachland vor.
- **naturnahe Krautfluren** häufig mit Frühblüheren (z.B. Sumpfdotterblume, Scharbockskraut, Lerchensporn, Anemonen) und/oder Hochstauden (z.B. Pestwurz, Mädesüß)
- nicht gedüngte, artenreiche **Feuchtwiesen** (mit Binsen und Seggen), die höchstens 2 mal im Jahr gemäht werden

Flächendeckendes Vorkommen von **Brennnesseln**, Giersch oder anderen Nährstoffzeigern weist auf Nährstoffeintrag hin und kann nicht mehr mit „gut“ bewertet werden. Gleiches gilt für gemähte und befestigte Ufer sowie für standortfremde (Zier-)Gehölze.

##### Ökologische Bedeutung

Der Uferbewuchs entfaltet seine optimale ökologische Wirksamkeit, wenn er ungleichförmig verteilt ist, d.h. dicht und weniger dicht bewachsene Böschungsfächen, sowie Bäume unterschiedlichen Alters einschließlich Totholz sich abwechseln.





- Laub (v.a. der Erle) dient als **Ernährung** für Detritusfresser und ist Ausgangspunkt für die gesamte Nahrungskette in Fließgewässeroberrläufen.
- **Lebensraum für Tiere:** Krautvegetation und Bäume sind Lebens- und Paarungsraum für adulte Wasserinsekten. Ufergehölze sind Brut- und Rückzugsraum für Vögel. Wurzelbereiche und Totholz bieten Verstecke für Fische und andere Gewässertiere.
- **Bereicherung der Ufer- und Gewässerstruktur** z.B. durch Bildung von Uferbuchten und Umläufen zwischen den Bäumen und Wurzelüberhängen sowie durch die Bereitstellung von Totholz.
- **Biotopvernetzung**
- **Beschattung** verhindert Algenwachstum bei hohem Nährstoffeintrag (Verminderung der Eutrophierungsgefahr) und reduziert die Erwärmung im Sommer.



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

**5. Uferstruktur** (Gegebenenfalls rechtes und linkes Ufer getrennt bewerten und Mittelwert bilden)

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>keine verfestigte Uferlinie, viele Einbuchtungen und Aufweitungen, Gewässer kann sich ungehindert in die Breite ausdehnen</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: T. Schmidt</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>Ufer begradigt, aber nicht sichtbar befestigt, mit einigen Einbuchtungen und Aufweitungen</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>Ufer stellenweise befestigt &lt; 50 %, doch sind Uferabbrüche möglich</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>Ufer überwiegend befestigt (durch Steinschüttungen oder Holzpfähle)</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>gerade Uferlinie, Ufer steil abfallend, befestigt (Pflaster, Beton o.ä.)</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 5. Uferstruktur

##### Erläuterungen zur Bewertung

Für die Uferstruktur entscheidend ist das **Ausmaß der künstlichen Uferbefestigungen**. Diese sind häufig auf den ersten Blick nicht zu erkennen, wenn sie überwachsen oder verfallen sind. Deshalb sollte an einzelnen Stellen mit einem Stock genau nachgeprüft werden, ob das Ufer mit künstlich eingebrachten großen Steinen, Mauerwerk, Beton, Faschinen o.ä. befestigt wurde. Ein wichtiger Anhaltspunkt ist die Frage, ob sich das Gewässer bei höherem Wasserstand ungehindert in die Breite ausdehnen kann.

##### Ökologische Bedeutung

Die Gewässerufer sind von Natur aus keine festgelegten Linien, sondern verändern sich mit Wasserstand und Strömung: Eine Ausdehnung in die Breite ist jederzeit möglich. Natürliche Begrenzungen können Bäume, große Steine, das langjährig ausgewaschene Hochwasserbett bzw. die Talform sein. Ein vielfältig strukturiertes Ufer weist immer auch auf eine Strukturvielfalt im Gewässer hin und erfüllt folgende ökologische Funktionen:



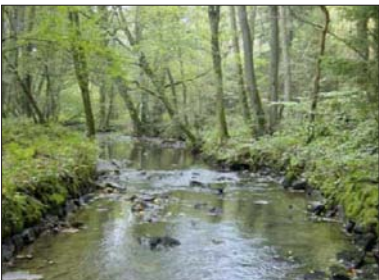


- **Natürliche Hochwasserrückhaltung:** Gewässer kann sich in die Breite ausdehnen, Fließgeschwindigkeit wird durch Hindernisse am Ufer gebremst
- **Bereicherung es Lebensraumangebotes:** Biotop- und Artenvielfalt (z.B. Uferabbrüche für Eisvogel)
- **Verbessertes Strukturregenerationsvermögen:** Nachlieferung von Geschiebe; eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen Gewässerstruktur
- **Natürliche Landschaftsbereicherung.**



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### 6. Gewässerquerschnitt

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>sehr flach</b> <b>Breite : Tiefe - Verhältnis</b> <b>&gt; 10 : 1</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: T. Schmidt</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>flach</b> <b>Breite : Tiefe - Verhältnis</b> <b>&gt; 5 : 1</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>mäßig tief</b> <b>Breite : Tiefe - Verhältnis</b> <b>&gt; 3 : 1</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>tief</b> <b>Breite : Tiefe - Verhältnis</b> <b>&gt; 2 : 1</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>sehr tief</b> <b>Breite : Tiefe - Verhältnis</b> <b>&lt; 2 : 1</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: Gemeinde Fulda</p> 

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 6. Gewässerquerschnitt

##### Erläuterungen zur Bewertung

Entscheidend ist das **Ausmaß des Gewässerbettes (Querprofil) unabhängig vom aktuellen Wasserstand**. Als Bezugspunkt für das Ausmessen von Breite und Tiefe gilt daher die Uferböschung. D.h. wie tief liegt die Gewässersohle unterhalb der Erdoberfläche des Gewässerumfeldes? Sind die beiden Uferseiten unterschiedlich hoch, wird gemittelt. Ist das Gewässer nicht künstlich, sondern aufgrund der Talform eingetieft, gilt Bewertungsstufe 1. Es lohnt sich auch, zunächst von einer repräsentativen Probestelle ein differenziertes Querprofil aufzunehmen und nachzuzeichnen. Dazu wird über die ganze Breite des Gewässers alle 10 cm die Profiltiefe gemessen.

##### Ökologische Bedeutung

Wenn es die Talform zulässt, ist ein natürliches Gewässer relativ flach. Vertiefungen kommen nur kleinräumig an einzelnen Stellen vor (Kolke). Durch Ausbaumaßnahmen zur Entwässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen und zum Hochwasserschutz wurden viele Gewässer künstlich eingetieft und werden noch im Rahmen der Gewässerunterhaltung regelmäßig ausgebaggert. Ist ein Gewässer zusätzlich begradigt, wird die Eintiefung durch erhöhte Fließgeschwindigkeiten oft erheblich verstärkt (Tiefenerosion) und das Gewässer verliert mehr und mehr die Verbindung zum Umland: die Aue fällt trocken. Bei der Renaturierung stark eingetiefter Gewässer muss zunächst die Gewässersohle angehoben werden, um die Land-Wasser-Vernetzung wieder herzustellen.

Die Bedeutung eines naturnahen, flachen Querprofils im Einzelnen:






- **Natürliche Hochwasserrückhaltung:** Gewässer kann sich in die Breite ausdehnen
- **Verbesserte Selbstreinigung** durch Oberflächenvergrößerung; größeres Angebot an Wuchsfächen für Mikroorganismen, die die Selbstreinigung des Gewässers bewirken
- Entwicklung und Erhaltung gewässerbegleitender Biotope (**Biotop- und Artenvielfalt**).



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### 7. Strömungsbild

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>mosaikartig, d.h. nebeneinander und hintereinander finden sich unterschiedliche Strömungsbilder</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>dicht hintereinander wechseln sich schnell und langsam fließendes Wasser ab</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>Wechsel von langsam und schnell fließendem Wasser in größeren Abständen</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>Wechsel von langsam und schnell fließendem Wasser erkennbar</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>Strömung einheitlich</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 7. Strömungsbild

##### Erläuterungen zur Bewertung

Es gilt, die an der Wasseroberfläche erkennbaren Strömungsunterschiede innerhalb des 100 m-Abschnittes, die auf unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten hinweisen, genau zu betrachten. Die Fließgeschwindigkeit wird dabei nicht gemessen. Zur Verdeutlichung der Strömungsverhältnisse ist es jedoch hilfreich, an unterschiedlichen Stellen des Gewässerabschnittes Stöckchen, Blätter o.ä. treiben zu lassen und deren Weg im Gewässer zu verfolgen. Je gradliniger und gleichmäßiger sie schwimmen, desto weniger differenziert (= unnatürlicher) ist das Strömungsbild.

**Entscheidend sind die Verhältnisse bei mittlerem Wasserstand.**

##### Ökologische Bedeutung

Die an der Wasseroberfläche erkennbaren Strömungsunterschiede werden letztlich durch verschiedene Substrate im Gewässerbett sowie die Uferstruktur verursacht. Entsprechend der durchfließenden Wassermenge ergeben sich bei reich strukturiertem Ufer und Gewässerbett (verschieden große Steine, Längs- und Querbänke, Uferbäume, Totholz, etc.) unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten innerhalb des Wasserkörpers. Diese wiederum haben Rückwirkung auf den Geschiebetransport und das Sedimentationsgeschehen.

Ökologische Bedeutung im Einzelnen:






- **Natürliche Hochwasserrückhaltung** (Hochwasserwellen werden gebremst)
- **Bereicherung des Lebensraumangebotes** für Benthosorganismen und Fische an der Gewässersohle und im Wasserkörper (Rückzug- und Versteckmöglichkeiten, Nahrungsangebot; Laichplätze)
- **Natürliche Selbstreinigung** (ständige Durchmischung des Wasserkörpers, physikalischer O<sub>2</sub>-Eintrag durch Turbulenzen)
- **Verbessertes Strukturregenerationsvermögen** (Eigenständige Entwicklung und Wiederherstellung einer vielfältigen Gewässerstruktur).



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### 8. Tiefenvarianz

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>sehr groß, d.h. tiefe und flache Gewässerbereiche wechseln mosaikartig ab</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: T. Schmidt</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>groß</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>mäßig</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>gering</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>keine</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Grünher</p> 

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 8. Tiefenvarianz

##### Erläuterungen zur Bewertung

Zu bewerten ist die Häufigkeit des räumlichen Wechsels der Wassertiefe im 100 m-Abschnitt. Die Tiefenvarianz muss nicht systematisch gemessen werden, sondern es sollte abgeschätzt werden. Ggf. kann mehrfach mit einem Stock sondiert werden.

##### Ökologische Bedeutung






Bereiche mit unterschiedlichen Wassertiefen ist wie die Strömungs- und Substratvielfalt ein Merkmal natürlicher Bachläufe. Flach- und Tiefenwasserbereiche wechseln in regelmäßigen Abständen ab. Je größer die Tiefenvarianz, desto größer das Lebensraumangebot.



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

#### 9. Gewässersohle

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>mosaikartige Verteilung von Sand / Kies / Steinen und Totholz; Inselbildungen ausgeprägt</b></p>	<p>Foto: T. Schmidt</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p><b>Gewässersohle abwechslungsreich (Sand / Kies Steine / Totholz); Inselbildungen in Ansätzen</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßig</b></p>	<p><b>Gewässersohle gleichmäßiger, unterschiedliche Strukturen in größeren Abständen</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p><b>Gewässersohle über größere Strecken verschlamm, versandet und / oder gepflastert bzw. betoniert</b></p>	<p>Foto: C. Günther</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p><b>einförmige Gewässersohle, vollständig verschlamm und / oder gepflastert bzw. betoniert</b></p>	<p>Foto: IGUG</p> 

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 9. Gewässersohle

##### Erläuterungen zur Bewertung

Zu bewerten ist das Vorkommen unterschiedlicher Substrattypen im Gewässer. Die Gewässersohle kann aus unterschiedlichstem Substrat bestehen und sehr vielgestaltig sein, deshalb: In Flachlandbächen (v.a. Sand- oder Moorbächen) ist die Gewässersohle natürlicherweise weniger abwechslungsreich und wird weniger streng bewertet. Ein gewisser Anteil organischen Materials ist natürlich. Bäche in Küstennähe sind ein Sonderfall, da sie naturgemäß zur Verschlammung neigen. Am vielgestaltigsten ist die Gewässersohle in Mittelgebirgsbächen, da Steine unterschiedlicher Größe vorhanden sind. Da nicht alle Gewässertypen berücksichtigt werden können, sind in einigen Fällen eigene Bewertungsmaßstäbe anzusetzen. Dazu muss überlegt werden, inwieweit die Gewässersohle durch menschlichen Einfluss verändert wurde. Ökologisch problematisch ist eine Befestigung der Gewässersohle (z.B. mit Beton oder Pflastersteinen), eine Verschlammung durch Bodenerosion oder ein großer Anteil an organischem Material. Häufig wird eine künstliche Sohlenbefestigung von lockerem Sediment überdeckt und ist deshalb nicht sofort zu erkennen. Zur Erhebung des Parameters muss in solchen Fällen ein stabiler Sondierstab/Stock zu Hilfe genommen werden, um festzustellen, wie die Gewässersohle beschaffen ist. An mehreren Stellen des 100 m-Abschnittes wird der Stab bis in etwa 10 cm Tiefe (wenn dies möglich ist) in den Gewässerboden gestoßen.

##### Ökologische Bedeutung






Eine natürlich strukturierte, gut durchströmte Gewässersohle ist entscheidende Voraussetzung für die natürliche Artenvielfalt im Fließgewässers, da sich in ihrem Lückensystem ein Großteil der Organismen entwickeln (z.B. kieslaichende Fische, Wasserinsektenlarven). Außerdem finden in der Gewässersohle die entscheidenden biochemischen Prozesse der Selbstreinigung statt. Ist sie verschlammt oder betoniert, ist die ökologische Funktionsfähigkeit des Gewässers nicht mehr gegeben..



Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld

10. Durchgängigkeit

<p><b>1</b></p> <p><b>natürlich / sehr gut</b></p>	<p><b>keine Hindernisse und / oder natürlicher Wasserfall / Kaskade</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: T. Schmidt</p> 
<p><b>2</b></p> <p><b>naturnah / gut</b></p>	<p>Verrohrung &lt; 2 m und / oder <b>künstliche Stufe aus einzelnen Steinen, kann von Fischen und anderen Wirbellosen überwunden werden</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>3</b></p> <p><b>wenig naturnah / mäßi</b></p>	<p><b>Verrohrung 2 - 5 m</b> und / oder Stufe &lt; 30 cm, kann von Fischen überwunden werden; ggf. Fischtreppe</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 
<p><b>4</b></p> <p><b>naturfern / unbefriedigend</b></p>	<p>Verrohrung &gt; 5 m und / oder <b>Stufe oder andere Barriere 30 - 100 cm</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: C. Günther</p> 
<p><b>5</b></p> <p><b>schlecht</b></p>	<p>Verrohrung &gt; 10 m und / oder <b>Stufe oder andere Barriere &gt; 100 cm</b></p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Foto: IGUG</p> 

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.1: Gewässerstruktur und Gewässerumfeld



#### 10. Durchgängigkeit

##### Erläuterungen zur Bewertung

Es gilt, alle Hindernisse zu erfassen, die Tiere (Benthosorganismen, Fische, Amphibien, Säugetiere) daran hindern, im Gewässer und entlang des Ufers zu wandern. Entscheidend für die Bewertung ist die Länge einer Verrohrung bzw. die Höhe und Beschaffenheit eines Querbauwerkes (Staustufe, Wehr, etc.). Reicht eine Verrohrung in zwei nebeneinanderliegende 100 m-Abschnitte hinein, dann wird sie nur in dem Abschnitt erfasst, in dem sie sich **überwiegend** befindet.

##### Ökologische Bedeutung

Die Möglichkeit, im und am Gewässer zu wandern, ist für eine große Anzahl von Tieren äußerst wichtig: Benthosorganismen müssen die Abdrift durch Strömung kompensieren. Fische suchen auf mehr oder weniger langen Wanderungen Laich- und Futterplätze auf (besonders betroffen von Querbauwerken sind die Langdistanzwanderfische wie Aal und Lachs, aber auch Forellen, Äschen und Barben sowie gefährdete Kleinfischarten wie Mühlkoppe und Elritze). Typische Auenbewohner (Fischotter, Amphibien etc.) wandern entlang des Ufers. Durch Verrohrungen und Querbauwerke (Staustufen, Wehre, etc.) wird die Funktionsfähigkeit des Ökosystems gravierend beeinträchtigt. Das Gewässer wird zur Einbahnstraße, eine natürliche Selbstregeneration nach „Störfällen“ durch Wiederbesiedlung und der Austausch des Gewässers mit seinem natürlichem Umfeld ist nicht mehr möglich.

- **Störung der natürlichen Selbstregeneration**, Bildung von Inselbiotopen
- **Verlust gewässerbegleitender Biotope, Verlust der Artenvielfalt**



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.2: Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung)

#### Allgemeine Hinweise

##### ● Auswahl der Probestelle

Die Probestelle sollte:

- Repräsentativ für einen längeren Gewässerabschnitt sein
- Nicht im unmittelbaren Einflussbereich von Kläranlagen liegen (es sei denn, man möchte diesen Aspekt gezielt untersuchen).

##### ● Zeitpunkt

Untersuchungen bei normalem Wasserstand (nicht bei Hochwasser) durchführen. Stärkere Regenfälle sollten mindestens 24 Stunden zurückliegen.

##### ● Auswertung

Es wird kein Mittelwert gebildet, sondern jeder Parameter für sich ausgewertet. Entscheidend sind die Parameter, die mit Bewertungsstufe 3 bis 5 bewertet wurden, also das Qualitätsziel „mäßige Belastung“ überschritten haben und auf bestimmte Belastungen hinweisen. Näheres siehe Fragen zur Auswertung auf dem Bewertungsbogen.

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.2: Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung)



#### 11. Geruch mit Trinkwasserprobe vergleichen

1 nicht belastet / sehr gut	nahezu geruchlos, frisch
2 wenig belastet / gut	Geruch vorhanden, aber nicht unangenehm
3 mäßig belastet / mäßig	unangenehmer, muffiger Geruch; Schlammablagerungen können nach faulen Eiern (H <sub>2</sub> S) riechen
4 kritisch belastet / unbefriedigend	unangenehmer, muffiger Geruch; Schlammablagerungen können nach faulen Eiern (H <sub>2</sub> S) riechen
5 übermäßig belastet schlecht	unangenehmer, muffiger Geruch; Schlammablagerungen können nach faulen Eiern (H <sub>2</sub> S) riechen

#### Erläuterungen zur Bewertung

Die Wasserprobe wird in ein weites Gefäß gefüllt (z.B. Marmeladenglas), beim Riechen muss die Probe hin- und hergeschüttelt werden. Als Vergleich wird eine mitgebrachte (geruchlose) Trinkwasserprobe herangezogen. Die Einschätzung des Parameters ist subjektiv, jedoch ein wichtiger Anhaltspunkt für mögliche Abwasserbelastung, die dann durch genauere chemische Untersuchungen festgestellt werden muss.



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.2: Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung)

#### 12. Farbe

mit Trinkwasserprobe vor weißem Hintergrund vergleichen

1 nicht belastet / sehr gut	farblos, klar (schwach bräunliche Färbung durch Humusstoffe z.B. in Mooregebieten möglich)
2 wenig belastet / gut	leicht getrübt
3 mäßig belastet / mäßig	stärker getrübt oder grünlich verfärbt (durch fädige Grünalgen oder freischwebende Algen / Phytoplankton)
4 kritisch belastet / unbefriedigend	stärker getrübt oder grünlich verfärbt (durch fädige Grünalgen oder freischwebende Algen / Phytoplankton)
5 übermäßig belastet / schlecht	stärker getrübt oder grünlich verfärbt (durch fädige Grünalgen oder freischwebende Algen / Phytoplankton)

#### Erläuterungen zur Bewertung

Die Wasserprobe wird in ein durchsichtiges Gefäß (z.B. Marmeladenglas) gefüllt und zur Beurteilung vor einem weißen Hintergrund (z.B. ein Blatt Papier) gehalten und mit einer Trinkwasserprobe verglichen. Die Farbe gibt einen ersten, sehr einfach festzustellenden Hinweis auf starke Belastungen.

- **Trübe, milchige Verfärbung:** Abwasserbelastung
- **Braunfärbung** kann verschiedene Ursachen haben:
  - Kieselalgen (v.a. im Frühjahr und im Herbst), Hinweis auf Eutrophierung
  - Einträge/Bodenerosion aus landwirtschaftlichen Flächen (besonders ausgeprägt nach starken Regenfällen)
  - Huminstoffe, v.a. in walddreichen Gebieten, naturbedingt, keine Belastung (Bewertungsstufe 1) ansonsten Hinweis auf hohen Anteil biologisch gereinigten Abwassers
- **Grünfärbung** wird meist durch Grünalgen hervorgerufen und ist damit ein Hinweis auf Eutrophierung. Bei Verdacht auf planktische Algen lohnt es sich, die Probe zu mikroskopieren.

**Erläuterungen zu den Bewertungsbögen**



**M 11.2: Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung)**

**13. Steinoberseiten (Eutrophierungsneigung)** Ist die Oberseite von Steinen oder von anderem Hartsubstrat von einem grün-braunen Algenrasen überzogen? (zunächst mit den Fingern fühlen und anschauen, eventuell Lupe zur Hilfe nehmen)  
Achtung! Moose und Wasserpflanzen sind hier nicht gemeint.

1 nicht belastet / sehr gut	kein Algenrasen zu erkennen
2 wenig belastet / gut	Steine / Hartsubstrat vereinzelt (vor allem an sonnigen Stellen) von einem dünnen Algenfilm überzogen
3 mäßig belastet / mäßig	Steine / Hartsubstrat flächenhaft von grün-braunem Algenrasen überzogen; fädige Grünalgen im freien Wasser
4 kritisch belastet / unbefriedigend	Steine / Hartsubstrat flächenhaft von grün-braunem Algenrasen überzogen; fädige Grünalgen im freien Wasser
5 übermäßig belastet / schlecht	Steine / Hartsubstrat flächenhaft von grün-braunem Algenrasen überzogen; fädige Grünalgen im freien Wasser



Foto: T. Schmitt

**Erläuterungen zur Bewertung**

In unbelasteten Gewässern sind die Oberseiten von Hartsubstraten blank oder nur von sehr dünnen, filmartigen Belegen überzogen. In eutrophierten, d.h. nährstoffbelasteten Gewässern bildet sich vor allem auf Steinen und anderen Hartsubstraten Algenbewuchs, zunächst nur an besonnten Stellen, bei höherem Nährstoffangebot überall, d.h. auch an beschatteten Stellen und im freien Wasser.

**Methode:** Es sollten mindestens zwei Steine aus einem besonnten und zwei Steine aus einem beschatteten Bereich des Gewässerabschnittes auf ihren Bewuchs untersucht werden. Diesen erkennt man mit dem bloßen Auge, man kann ihn fühlen, oder evtl. eine Lupe zu Hilfe nehmen. Sind keine Steine vorhanden, müssen andere im Wasser befindlichen Hartsubstrate (Totholz, Beton, Blechdosen, etc.) untersucht werden. Notfalls können auch Steine ins Wasser gelegt und der sich einstellende Bewuchs nach einigen Tagen oder Wochen untersucht werden.

**Ökologische Bedeutung**

- **Folgen erhöhten Algenwachstums:**
  - Sauerstoffschwankungen (tags Übersättigung durch Photosynthese, nachts Untersättigung durch Dunkelatmung)
  - pH-Schwankungen (durch Verschiebung des Kalk-Kohlensäuregleichgewichtes)
  - Veränderung der Artenzusammensetzung (Verschiebung der Ernährungstypen zu Weidegängern/ Filtrierern).

**Ursachen für Belastungen**

Siehe auch ► ERLÄUTERUNGEN ZU PHOSPHAT (PARAMETER 22) SEITE 227



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.2: Wasserqualität (vereinfachte Untersuchung)

**14. Steinunterseiten (Sauerstoff im Gewässerbett)** Ist die Unterseite von Steinen oder anderen Hartsubstraten schwärzlich verfärbt? (Hinweis auf Sauerstoffmangel in der Gewässersohle)

1 nicht belastet / sehr gut	keine Verfärbung
2 wenig belastet / gut	Steinunterseiten nur in Stillwasserzonen mit Verfärbung
3 mäßig belastet / mäßig	Steinunterseiten überall mit grauer bis schwarzer Verfärbung
4 kritisch belastet / unbefriedigend	Steinunterseiten überall mit grauer bis schwarzer Verfärbung
5 übermäßig belastet / schlecht	Steinunterseiten überall mit grauer bis schwarzer Verfärbung



Foto: D. Borchardt

**Erläuterungen zur Bewertung**

Bei Abwesenheit von Sauerstoff im Gewässerbett entsteht ein niedriges bzw. negatives Redox-Potential. Dabei bilden sich Sulfide, insbesondere FeS, das schwarz gefärbt ist.  
**Methode:** Es sollten mindesten zwei größere Steine aus dem Wasser genommen und die Verfärbung der Unterseiten betrachtet werden. Bei unterschiedlichen Strömungsverhältnissen muss darauf geachtet werden, dass je zwei Steine aus Stillwasser- und aus schneller fließenden Bereichen entnommen werden. Bei natürlich dunkel gefärbten Steinen (z.B. Basalt) muss genauer hingesehen werden, ob der Stein mit einem Belag überzogen ist („Fremdfärbung“). In Zweifelsfällen oder bei sandig-schlammigen Gewässern ohne Steine sollte eine Sedimentprobe (ca. 5 cm tief mit einer kleinen Schaufel o.ä. entnehmen) entnommen werden. Ist sie schwarz gefärbt und riecht sie außerdem nach Faulschlamm, ist dies ein sicherer Hinweis auf Sauerstoffmangel im Gewässerbett.

**Ökologische Bedeutung**

Zeitweiliger oder permanenter Sauerstoffmangel im Sediment hat weitreichende Folgen für das Fließgewässer und seine Biozönose:

- **Reproduktion von Boden- und Kieslaichern** (z.B. Forellen) **gefährdet**
- **Rückgang sauerstoffbedürftiger Makrobenthosarten** (Wirbellose des Gewässergrundes), z.B. Steinfliegen- und Eintagsfliegenlarven
- **Verschlechterung der Wasserqualität** durch Remobilisierung von P und von Schwermetallen aus dem Sediment.

**Ursachen für Belastungen**

- **Belastung mit organischen Stoffen** (Abwasser, Eintrag aus landwirtschaftlichen Flächen)  
 Siehe auch ► ERLÄUTERUNGEN ZU SAUERSTOFF (PARAMETER 18) SEITE 226/237
- **Sekundärbelastung mit abgestorbenem Pflanzenmaterial** in eutrophierten Gewässern



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen



### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung chemischer-physikalischer Parameter)

#### Hinweise zur Durchführung - Material und Methoden

Die Untersuchung chemisch-physikalischer Parameter sollte nicht um ihrer selbst willen durchgeführt werden, sondern sollte immer problemorientiert erfolgen und letztlich nach dem Ausmaß und den Ursachen der Gewässerbelastung fragen. Nach einer vereinfachten Untersuchung der Wasserqualität (M 11.2) werden Hypothesen über die spezifischen Probleme und bestimmte belastende Inhaltsstoffe eines Gewässerabschnittes aufgestellt, die dann durch gezielte Untersuchungen überprüft werden. **Es müssen nicht alle aufgelisteten Parameter der Reihe nach gemessen werden, wichtiger ist es, aufgrund der Ergebnisse der Voruntersuchungen (M 11.2) eine begründete Auswahl zu treffen!** Hat sich beispielsweise gezeigt, dass das Gewässer Eutrophierungserscheinungen zeigt (Algenbelag auf Steinen, grünlich verfärbtes Wasser), sollten die Nährstoffe (Phosphat, Nitrat) sowie der Sauerstoffgehalt zu verschiedenen kritischen Tageszeiten (früher Morgen, früher Nachmittag) überprüft werden. Bei einem Fischsterben sollten die Nitrit- und Ammoniumbelastung, der pH-Wert und der Sauerstoffgehalt untersucht werden. Der Verdacht auf Einleitung ungereinigter Abwässer würde sich durch eine Erhöhung des Ammoniums und des BSB bestätigen lassen.

#### ● Auswahl der Analysemethoden, Vorbereitung

Die geeigneten Analysemethoden sind zum einen handelsübliche Schnelltests, zum anderen transportable, digitale Messgeräte. In der Praxis haben sich die Schnelltests als einfache chemische Methode der Wasseruntersuchung für Laien bewährt. Sie lassen sich leicht im Freiland handhaben, in den Koffern sind alle erforderlichen Chemikalien sowie das entsprechende Zubehör enthalten. Ihre Genauigkeit ist natürlich begrenzt, reicht jedoch für die hier beschriebenen Zwecke aus. Zweckmäßigerweise legt man sich auf das Analysesystem eines Herstellers fest. Es ist darauf zu achten, dass ein Schnelltest zur Analyse von Gewässern handelt (es gibt auch welche zur Trinkwasser- oder Abwasseranalyse mit einem anderen Empfindlichkeitsbereich). Zur Bestimmung von Sauerstoffgehalt, Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur gibt es mittlerweile gute digitale Feld-Messgeräte. Vor dem Arbeiten mit den Analysesätzen und Messgeräten sollte man sich mit deren Handhabung vertraut machen. Am besten ist es, sie vorher auszuprobieren und ihre Funktionsfähigkeit zu überprüfen, damit man im Freiland keine bösen Überraschungen erlebt. Es empfiehlt sich, die Gebrauchs- und Bedienungsanleitungen genau zu lesen und zu beachten.

#### ● Räumliche und zeitliche Gültigkeit der Messungen

Chemische und physikalische Messergebnisse haben nur eine sehr enge zeitliche und räumliche Gültigkeit, d.h. sie geben lediglich den momentanen Zustand der Wasserqualität zum Zeitpunkt einer Messung an und gelten auch nur für die jeweilige Probestelle. Dies ist bei der Auswertung der Messergebnisse grundsätzlich zu beachten! Vergleichende Messungen an verschiedenen Tagen oder der Vergleich mit anderen Messwerten (z.B. aus amtlichen Gewässergütemessprogrammen) sind vorteilhaft.

#### ● Zeitpunkt

Um repräsentative Messergebnisse zu bekommen, sollten die wasserchemischen Untersuchungen bei normalem Wasserstand (nicht bei Hochwasser) durchgeführt werden. Stärkere Regenfälle sollten mindestens 24 Stunden zurückliegen.

#### ● Auswahl der Probestelle.

Die Probestelle sollte:

- Repräsentativ für einen längeren Gewässerabschnitt sein
- Gut zugänglich sein, um das Wasser aus der „fließenden Welle“ zu entnehmen
- Nicht im unmittelbaren Einflussbereich von Kläranlagen liegen (es sei denn, man möchte diesen Aspekt gezielt untersuchen).

Bei der Probenahme darauf achten, dass Ufer und Pflanzenbestände nicht beschädigt werden.

#### ● Probenahme/Durchführung der Messung

Grundsätzlich muss zur Bestimmung der Wasserqualität das Wasser aus der „fließenden Welle“, d.h. aus der Mitte des Gewässers entnommen werden. Am Rand herrschen häufig Ausnahmbedingungen (z.B. geringere Fließgeschwindigkeiten, Ablagerung von Sedimenten, Erwärmungen mit entsprechenden Auswirkungen auf die örtliche Wasserbeschaffenheit). Für die Wasserentnahme verschleißbare Plastikflaschen verwenden. Die Flaschen bei der Probenahme entgegen der Fließrichtung schräg halten und verschließen. Soll die Probe transportiert werden, randvoll füllen und verschließen, gegebenenfalls kühlen (Kühltasche!). Details zur Probenahme und Durchführung der Messungen siehe Erläuterungen der Einzelparameter sowie Gebrauchs- und Bedienungsanleitungen der Messgeräte und Analysesätze. Da sich unter den Reagenzien stark ätzende und auch giftige Verbindungen befinden (z.B. Neßlers Reagenz bei der Ammoniumbestimmung), muss man bei der Benutzung die nötigen Vorsichtsmaßnahmen beachten (v.a. nicht essen!). Die mit Chemikalien versetzten Wasserproben dürfen nicht einfach ins Gelände geschüttet werden, sondern müssen in einer Plastikflasche gesammelt und sachgerecht entsorgt werden!

#### ● Auswertung

Es wird kein Mittelwert gebildet, sondern jeder Parameter für sich ausgewertet. Entscheidend sind die Parameter, die schlechter als Bewertungsstufe 2 bewertet wurden, also auf bestimmte Belastungen hinweisen (Näheres siehe Fragen zur Auswertung auf dem Bewertungsbogen).



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)

#### 15. Temperatur im Sommer

1 nicht belastet / sehr gut	< 18 °C
2 wenig belastet / gut	18 - 20 °C
3 mäßig belastet / mäßig	20 - 22 °C
4 kritisch belastet / unbefriedigend	20 - 24 °C
5 übermäßig belastet / schlecht	> 24 °C

#### Erläuterungen zur Bewertung

Die Temperatur ist von der Sonneneinstrahlung abhängig und ändert sich im Laufe des Tages und natürlich im Laufe des Jahres. Tageshöchstwerte sind in der Regel am frühen Nachmittag zu erwarten. Die angegebenen Werte geben das erreichbare Maximum an. Es ist daher im Sommer zu messen.

**Methode:** Die Temperatur sollte nach Möglichkeit in der fließenden Welle mit einem digitalen Messgerät festgestellt werden (die meisten Sauerstoff-, pH- und Leitfähigkeitsmessgeräte haben auch Temperaturfunktion). Bei der Verwendung eines Glasthermometers ist die Bruchgefahr im strömenden Wasser zu groß. Das Wasser muss deshalb mit einem Becher entnommen und die Temperatur sofort bestimmt werden.

#### Ökologische Bedeutung

Die Wassertemperatur ist ein Faktor, der nahezu alle physikalischen, chemischen und biologischen Vorgänge im Gewässer beeinflusst. Alle im Gewässer lebenden Organismen sind an einen bestimmten Temperaturbereich angepasst und können Schwankungen nur bis zu gewissen Graden vertragen. So sterben bestimmte Eintagsfliegen bereits bei Wassertemperaturen über 18°C, Bachforellen bei über 27°C, Karpfen vertragen dagegen Temperaturen über 35°C.

##### ■ Folgen erhöhter Wassertemperatur:

- Abnahme der Löslichkeit von Gasen (insbesondere Sauerstoff)
- Zunahme des freien, fischgiftigen Ammoniaks (NH<sub>3</sub>) gegenüber dem Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)
- Erhöhter Sauerstoffbedarf durch Zunahme der Aktivität und damit des Stoffumsatzes der Wasserorganismen, gesteigertes Wachstum der Wasserorganismen sowie die Beschleunigung der Abbauprozesse durch Mikroorganismen (z.B. Kohlenstoffabbau, Nitrifikation, Tensidabbau).

#### Ursachen für Belastungen

- **Einleitung von Abwasser sowie Brauch- und Kühlwasser** (Kläranlagen, Industriebetriebe, Kraftwerke)
- **Mangelnde Beschattung**, weil Uferbäume fehlen
- **Verringerte Fließgeschwindigkeit** durch Aufstau (z.B. an Wehren)

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)



#### 16. pH-Wert Hinweis auf Versauerung bzw. Eutrophierung

1 nicht belastet / sehr gut	6,5 bis 8,0 (in Moorbächen natürlicherweise $\text{pH} < 6,5$ )
2 wenig belastet / gut	6,0 bis 6,4 oder 8,1 bis 8,5
3 mäßig belastet / mäßig	5,5 bis 6,9 oder 8,6 bis 9,0
4 kritisch belastet / unbefriedigend	5,0 bis 5,4 oder 9,1 bis 9,5
5 übermäßig belastet / schlecht	$< 5,0$ oder $> 9,5$

#### Erläuterungen zur Bewertung

Der pH-Wert eines Gewässers liegt natürlicherweise zwischen 6,5 und 8,5 und wird vor allem durch die geologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet bestimmt. Ein natürlich erhöhter pH-Wert findet sich in Kalkbächen. In nährstoffbelasteten Gewässern ist ein erhöhter pH-Wert ein Sekundäreffekt der Eutrophierung (Störung des Kalk-Kohlensäuregleichgewichtes).

Das Problem der **Gewässerversauerung** betrifft vor allem auf den ersten Blick naturnah und unbelastet erscheinende Bäche in höheren, der Luftverschmutzung ausgesetzten Gebirgslagen, die gegenüber den sauren Niederschlägen wenig Puffervermögen aufweisen (z.B. Buntsandsteingebiete wie Kaufunger Wald, Hunsrück, Teile des Odenwaldes).

#### ■ Erkennungsmerkmale versauerter Bäche:

- Verarmung, d.h. keine oder unerwartet wenige (säureresistente) Tierarten wie z.B. Steinfliegen
- glasklares Wasser (keine Algen und Wasserpflanzen)
- hohe Aluminiumkonzentrationen
- kein Phosphat (wird an Aluminium gebunden)

In versauerungsgefährdeten Gewässern sollte der pH-Wert mehrmals, vor allem im Frühjahr (nach der Schneeschmelze) gemessen werden.

**Methode:** Digitale Messgeräte sind einfach zu handhaben und bei vorheriger Eichung genau. Einen Anhalt dafür, ob ein ökologisch bedenklicher pH-Wert vorliegt, kann notfalls auch mit Hilfe von Indikatorpapier gewonnen werden.

#### Ökologische Bedeutung

Der pH-Wert beeinflusst direkt und indirekt zahlreiche chemische, physikalische und biologische Prozesse im Gewässer. So hängt die giftige Wirkung bestimmter Substanzen vom pH-Wert ab. Toxisch für Fische sind Werte  $< 4$  bzw.  $> 10$ , für Kleinlebewesen bereits Werte  $< 5,5$ . Gefährlich sind neben Extremwerten starke Schwankungen (Hemmung der Stoffwechselvorgänge, verminderte Selbstreinigung). Sie werden in eutrophierten Gewässern durch Störung des Kalk-Kohlensäuregleichgewichtes erreicht.



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)

#### ■ Ökologische Bedeutung niedriger pH-Werte (Versauerung)

- Auflösung der kalkhaltigen Schalen von Muscheln, Schnecken und Krebstieren, Störung der Ionenregulation
- Giftwirkung bestimmter Substanzen (Nitrit, Phenole) wird verstärkt
- Eingeschränkte Nutzung u.a. wegen toxischer Aluminium-Konzentrationen (Grenzwert Trinkwasser 200 mg/l Al, deshalb Schließung von Brunnen in versauerten Gebieten)
- Zusammenbruch der Primärproduktion (keine Algen und Wasserpflanzen), da P und CO<sub>2</sub> fehlen (P wird durch Al gebunden, CO<sub>2</sub> geht aus)

#### ■ Ökologische Bedeutung erhöhter pH-Werte

- Das Dissoziationsverhältnis zwischen Ammonium und Ammoniak verschiebt sich zugunsten des toxischen Ammoniaks (Folgen siehe dort).

---

#### Ursachen für Belastungen

- direkt über **Luftverunreinigungen** (saurer Regen),
- in eutrophierten Gewässern indirekt über **mikrobielle oder pflanzliche Umsetzungen von Wasserinhaltsstoffen** (Störung des Kalk-Kohlensäuregleichgewichtes)

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)



**17. Leitfähigkeit** Hinweis auf Ionenbelastung allgemein, Versalzung im besonderen (Geologie des Einzugsgebietes berücksichtigen)

<b>1 nicht belastet / sehr gut</b>	< 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>2 wenig belastet / gut</b>	301 bis 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>3 mäßig belastet / mäßig</b>	501 bis 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>4 kritisch belastet / unbefriedigend</b>	701 bis 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>5 übermäßig belastet / schlecht</b>	> 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Achtung! In Kalkbächen natürlicherweise bis 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

#### Erläuterungen zur Bewertung

Die Leitfähigkeit ist der reziproke Wert des elektrischen Widerstandes. Weil die Höhe des Wertes temperaturabhängig ist, sollte mit einem digitalen Messgerät mit Temperaturkompensation gemessen werden. Die elektrische Leitfähigkeit ist zwar ein leicht zu bestimmendes **Maß für den Gesamt-Ionen (= Salz)-Gehalt** eines Gewässers; um welche Ionen es sich handelt, wird dabei jedoch nicht festgestellt, so dass der Parameter nur bedingt für eine Bewertung der Wasserqualität herangezogen werden kann. Insbesondere müssen die geologischen Verhältnisse (Gesteinstypen) des Einzugsgebiets berücksichtigt werden. Für den ganz überwiegenden Teil Hessens sind die angegebenen Bewertungsklassen gültig, nur in Gebieten mit Carbonatgestein (Kalkbäche in Teilen der Rhön, Kalkgebiete Nordhessens) werden natürlicherweise 900  $\mu\text{S}/\text{cm}$  erreicht.

#### ■ Vergleichswerte

- 10-100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : Quellwasser aus Granit oder Buntsandstein
- 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : Grenzwert für Bewässerungszwecke (darüber Versalzungsgefahr)
- bis 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : Kalkquellen, Kalkbäche; kommunales Abwasser
- 50.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ : Meerwasser

#### Ökologische Bedeutung

Salz besteht aus unterschiedlichen Komponenten. Die Salzbelastung von Fließgewässern ist meist auf folgende Stoffe zurückzuführen: Natrium, Calcium, Magnesium, Kalium, Chlorid, Sulfat, Hydrogencarbonat, Karbonat, Nitrat. Die ökologische Bedeutung sowie Schadwirkung dieser Salze ist sehr unterschiedlich und konzentrationsabhängig. Grundsätzlich sind bestimmte Salze für physiologische Prozesse lebensnotwendig. Allgemein reagieren Pflanzen empfindlicher auf Salze als Tiere.

#### ■ Folgen erhöhter Salzkonzentrationen

- Veränderung bzw. Verarmung der Artenzusammensetzung
- Einschränkung der Nutzung (Bewässerung, Trinkwassergewinnung)

#### Ursachen für Belastungen

- Salzableitungen aus Industrie und Bergbau
- Streusalz im Winter



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)

**18. Sauerstoff**                      Untersättigung = Hinweis auf organische Belastung  
 Übersättigung = Hinweis auf Eutrophierung

<b>1 nicht belastet / sehr gut</b>	91 bis 110 % Sättigung
<b>2 wenig belastet / gut</b>	81 bis 90 oder 111 bis 120 % Sättigung
<b>3 mäßig belastet / mäßig</b>	71 bis 80 oder 121 bis 130 % Sättigung
<b>4 kritisch belastet / unbefriedigend</b>	60 bis 70 oder 131 bis 140 % Sättigung
<b>5 übermäßig belastet / schlecht</b>	< 60 oder > 140 % Sättigung

#### Erläuterungen zur Bewertung

Zur Beurteilung der Sauerstoffverhältnisse eines Gewässers ist ein Einzelwert unzureichend und kann zu Fehleinschätzungen führen, denn der Sauerstoffgehalt ist v.a. in eutrophierten Fließgewässern mehr oder minder starken Tagesschwankungen unterworfen (s.u.), da er von verschiedenen physikalischen und biologischen Prozessen bestimmt wird, die einander überlagern:

- **Sauerstoffanreicherung aus der Luft.** Der physikalisch bedingte Sauerstoffaustausch zwischen Wasser und Luft ist abhängig von der Sauerstoffsättigung des Wassers, der Temperatur und den Turbulenzen des Gewässers. In reich strukturierten, flachen Bächen ist sie besonders hoch.
- **Sauerstoffanreicherung durch Photosynthese** von Algen und Wasserpflanzen. Sie findet nur tagsüber statt und ist abhängig von der Sonneneinstrahlung. Deshalb verändert sich in eutrophierten Gewässern mit reichem Pflanzenwuchs der Sauerstoffgehalt im Laufe des Tages.
- **Sauerstoffzehrung** durch Abbau von organischer Substanz durch Bakterien. Weil sie von der Menge an abbaubarem Material abhängt, ist sie in abwasserbelasteten Gewässern besonders hoch. Auch der Abbau von toten Tieren, Laub und Holz im Gewässer sowie die Atmung der Organismen verbraucht Sauerstoff.

Wesentlich für eine Bewertung sind die täglichen Extremwerte, die vor allem am späten Nachmittag und in den frühen Morgenstunden (vor Sonnenaufgang) auftreten. Zur Beurteilung einer Einzelmessung sind Angaben über Tageszeit und Pflanzenbewuchs der Probestelle von großer Bedeutung. Aussagekräftiger ist die Messung von Tagesgängen: Starke Amplituden (nachts Untersättigung, tagsüber Übersättigung) deuten auf Eutrophierung hin.

**Methode:** Die Messung mit einem digitalen Messgerät ist einer Schnelltestanalyse vorzuziehen, da mit der Elektrode direkt im Gewässer an verschiedenen Stellen gemessen werden kann. So entfallen die bei einer chemischen Analyse immer wieder auftretenden Verfälschungen durch Zeitverzögerungen und Vermischungen bei der Probenahme. Außerdem nehmen die Messgeräte gleichzeitig eine Temperaturkompensation vor und es lassen sich sowohl die Sauerstoffsättigung als auch die Konzentration ablesen. Da der Sauerstoffgehalt druck- und temperaturabhängig ist, ist die Angabe der Sauerstoffsättigung aussagekräftiger als die der Konzentration.

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)



#### Ökologische Bedeutung

Die Sauerstoffverhältnisse im Fließgewässer sind der entscheidende Überlebensfaktor für alle höheren Gewässerorganismen, wobei der Sauerstoffbedarf artspezifisch sehr unterschiedlich sein kann. Anaerobe Zustände im Gewässer können nur Mikroorganismen (Anaerobier) überleben.

#### ■ Folgen der Sauerstoffuntersättigung

- Absterben von Organismen
- Zunahme anaerober Stoffwechselfvorgänge durch Mikroorganismen, die z.T. Toxine erzeugen

#### ■ Folgen der Sauerstoffübersättigung

- Gasblasenkrankheit von Fischen

#### Ursachen für Belastungen

- **Belastung mit organischen Stoffen** (Abwasser, Eintrag aus landwirtschaftlichen Flächen)
- Eutrophierung, d.h. erhöhtes Algen- und Pflanzenwachstum infolge von **Nährstoffbelastung**



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)

**19. Ammonium-Stickstoff (NH<sub>4</sub>-N)** Hinweis auf vor kurzer Zeit erfolgte Fäkalienbelastung (Abwasser, Gülle); Eutrophierungsgefahr, akute Toxizität

1 nicht belastet / sehr gut	< 0,04 mg/l (in Moorbächen natürlicherweise bis 1 mg/l)
2 wenig belastet / gut	0,05 bis 0,3 mg/l
3 mäßig belastet / mäßig	0,31 bis 0,6 mg/l
4 kritisch belastet / unbefriedigend	0,7 bis 1,2 mg/l
5 übermäßig belastet / schlecht	> 1,2 mg/l

#### Erläuterungen zur Bewertung

Ammonium entsteht im Gewässer durch den mikrobiellen Abbau von eingeleiteten stickstoffhaltigen Substanzen (z.B. Proteine, Aminosäuren, Harnstoff). Weil Ammonium im Rahmen des Stickstoffkreislaufes auch von natürlich entstandener Biomasse ständig freigesetzt wird, ist es auch in unbelasteten Gewässern in geringen Mengen vorhanden.

**Methode:** handelsübliche Schnelltests.

**Umrechnung:** 1 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup> entspricht 0,778 mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N.

#### Ökologische Bedeutung

Neben der Eutrophierungsgefahr ist die besondere Problematik höherer Ammoniumbelastung die Gefahr der Ammoniakbildung (NH<sub>3</sub>), denn bei steigendem pH-Wert (über 7) und steigender Temperatur verschiebt sich das Dissoziationsgleichgewicht zwischen Ammonium und Ammoniak zugunsten des toxischen Ammoniaks. Da Ammonium im Gewässer durch Mikroorganismen über Nitrit zu Nitrat oxidiert wird, können hohe Ammoniumeinträge den Sauerstoffhaushalt des Gewässers belasten.

#### ■ Folgen hoher Ammoniumbelastung:

- Ammoniak (NH<sub>3</sub>) ist giftig (Nervengift). Tödliche Konzentrationen für Fischbrut ab 0,2 mg/l NH<sub>3</sub>-N, für Forellen ab 0,6 mg/l NH<sub>3</sub>-N
- Ammonium (NH<sub>4</sub>) ist Pflanzennährstoff, d.h. Ammoniumbelastung trägt zur Eutrophierung bei
- Gefahr von Sauerstoffdefiziten bei der Nitrifikation (zur Oxidation von 1 mg NH<sub>4</sub> zu NO<sub>3</sub> werden 4,57 mg O<sub>2</sub> verbraucht!).

#### Ursachen für Belastungen

- Abwasser aus kommunalen Kläranlagen
- Abwasser aus Kanalisationen (Regenüberläufe, Mischwassereinleitungen)
- Eintrag aus landwirtschaftlichen Flächen (Gülle)
- Industrieabwasser (Düngemittel- und Lebensmittelhersteller, chemische Industrie)
- Niederschläge



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)



**20. Nitrit-Stickstoff** Hinweis auf Fäkalienbelastung (Abwasser, Gülle);  
Fischgift, Eutrophierungsgefahr

1 nicht belastet / sehr gut	< 0,01 mg/l
2 wenig belastet / gut	0,02 bis 0,1 mg/l
3 mäßig belastet / mäßig	0,11 bis 0,2 mg/l
4 kritisch belastet / unbefriedigend	0,21 bis 0,4 mg/l
5 übermäßig belastet / schlecht	> 0,4 mg/l

#### Erläuterungen zur Bewertung

Nitrit entsteht im Gewässer als kurzes Zwischenprodukt bei der Nitrifikation des Ammoniums zu Nitrat. Weil Nitrit gleich weiteroxidiert wird, ist es normalerweise nur in Spuren vorhanden. Bei sprunghaft ansteigender  $\text{NH}_4$ -Konzentration, erhöhtem pH-Wert sowie erhöhter Temperatur können jedoch leicht höhere Konzentrationen erreicht werden. Wegen seiner Giftigkeit für Fische sollte es immer mit erfasst werden.

**Methode:** handelsübliche Schnelltests.

**Umrechnung:** 1 mg  $\text{NO}_2$  entspricht 0,304 mg  $\text{NO}_2\text{-N}$ .

#### Ökologische Bedeutung

Durch Nitrit wird der rote Blutfarbstoff Hämoglobin zu Methämoglobin oxidiert, ein Sauerstofftransport im Blut ist nicht mehr möglich. Im Gewässer ist es daher besonders für Fische gefährlich. Die Giftigkeit des Nitrits ist zum einen von abiotischen Faktoren (pH-Wert, Temperatur, Sauerstoff, Chloridgehalt, Wasserhärte) zum andern von der Fischart, dem Alter und der Akklimation abhängig.

#### Ursachen für Belastungen

- **Abwasser aus kommunalen Kläranlagen und Kanalisation** (Regenüberläufe, Mischwassereinleitungen)
- **Industrieabwasser** (Düngemittel- und Lebensmittelhersteller, chemische Industrie)
- **Eintrag aus landwirtschaftlichen Flächen**
- Entstehung im Gewässer durch **unvollständige Nitrifikation**



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)

#### 21. Nitrat-Stickstoff (NO<sub>2</sub>-N)

Hinweis auf weiter zurückliegende Fäkalienbelastung (Abwasser, Gülle);  
Eutrophierungsgefahr

1	nicht belastet / sehr gut	< 1 mg/l
2	wenig belastet / gut	1,1 bis 2,5 mg/l
3	mäßig belastet / mäßig	2,6 bis 5,0 mg/l
4	kritisch belastet / unbefriedigend	5,1 bis 10 mg/l
5	übermäßig belastet / schlecht	> 10 mg/l

#### Erläuterungen zur Bewertung

Nitrat ist die höchste Oxidationsstufe des Stickstoffkreislaufes im Gewässer und spielt daher die zahlenmäßig größte Rolle in der Stickstoffbilanz.

**Methode:** handelsübliche Schnelltests.

**Umrechnung:** 1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> entspricht 0,226 mg NO<sub>3</sub>-N.

#### Ökologische Bedeutung

Auch in höheren Konzentrationen keine schädigende Wirkung auf Wasserorganismen. Als Pflanzennährstoff ist er so reichlich vorhanden, dass er im Gegensatz zu Phosphat nicht limitierend wirkt.

##### ■ Folgen erhöhter Nitratbelastung

- verstärktes Pflanzenwachstum, Eutrophierungsgefahr
- Einschränkung der Nutzung (Trinkwassergewinnung)

#### Ursachen für Belastungen

- **Eintrag aus landwirtschaftlichen Flächen, auch über Grundwasser** (Gülle und organischer Dünger)
- **Abwassereinleitungen aus kommunalen Kläranlagen**
- **Kanalisation** (Regenüberläufe, Mischwassereinleitungen) N-Austrag überwiegend als NH<sub>4</sub>
- Im Gewässer durch **Nitrifikation**
- **Industrieabwasser** (Metallverarbeitende Industrie, Dünge- und Lebensmittelhersteller, chemische Industrie)

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)



**22. Phosphat-Phosphor (PO<sub>4</sub>-P)** Hinweis auf Belastung mit Abwasser und / oder anorganischen Düngemitteln; Eutrophierungsgefahr

1 nicht belastet / sehr gut	< 0,02 mg/l
2 wenig belastet / gut	0,03 bis 0,1 mg/l
3 mäßig belastet / mäßig	0,11 bis 0,2 mg/l
4 kritisch belastet / unbefriedigend	0,21 bis 0,4 mg/l
5 übermäßig belastet / schlecht	> 0,4 mg/l

**Erläuterungen zur Bewertung** Phosphat kommt in Gewässern gelöst und partikulär in organischen und anorganischen Verbindungen vor. In natürlichen Gewässern ist Phosphat nur in Spuren vorhanden.

**Methode:** handelsübliche Schnelltests.

**Umrechnung:** 1 mg PO<sub>4</sub> entspricht 0,326 mg PO<sub>4</sub> -P.

**Ökologische Bedeutung** Phosphat ist **der** limitierende Faktor (Minimumfaktor) für das Pflanzenwachstum in Fließgewässern (Algenblüten, Verkrautung) und daher die entscheidende Ursache für die Eutrophierung.

**Ursachen für Belastungen**

- **Abwasser aus kommunalen Kläranlagen und Kanalisationen** (Regenüberläufe, Mischwasser-einleitungen), wobei die Belastung vornehmlich aus Fäkalien stammt, die Phosphatbelastung aus Waschmitteln ist durch den Einsatz von Ersatzstoffen stark zurückgegangen
- **Einträge aus landwirtschaftlichen Flächen** (Bodenerosion)
- **Einträge über Niederschläge**
- **Industrieabwasser** (Düngemittel- und Lebensmittelhersteller, chemische Industrie)



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.3: Wasserqualität (ausführliche Untersuchung)

**23. Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>)** Hinweis auf Belastung mit sauerstoffzehrenden Stoffen; organische Belastung

1 nicht belastet / sehr gut	< 1 mg/l O <sub>2</sub>
2 wenig belastet / gut	1,0 bis 3,0 mg/l O <sub>2</sub>
3 mäßig belastet / mäßig	3,1 bis 5,0 mg/l O <sub>2</sub>
4 kritisch belastet / unbefriedigend	5,1 bis 10 mg/l O <sub>2</sub>
5 übermäßig belastet / schlecht	> 10 mg/l O <sub>2</sub>

#### Erläuterungen zur Bewertung

Der BSB<sub>5</sub> gibt an, wie viel Sauerstoff in 5 Tagen benötigt wurde, um die organischen Stoffe im Wasser abzubauen. Der BSB ist der entscheidende Parameter zur Beschreibung der Belastung eines Fließgewässers mit sauerstoffzehrenden, biologisch leicht abbaubaren Stoffen. Er gehört seit Jahrzehnten zur Beurteilung der Gewässerbelastung und ist fester Bestandteil für die Bemessung und Beurteilung von Kläranlagen.

**Methode:** Für die Bestimmung des BSB muss eine Wasserprobe aus der fließenden Welle entnommen, der momentane Sauerstoffgehalt mit einem digitalen Messgerät bestimmt und dann die verschlossene Probe ins Labor transportiert werden. Wichtig ist, die Probe lichtdicht zu verschließen (z.B. durch eine Umhüllung der Flasche mit Alufolie), damit die evtl. Sauerstoffproduktion von Algen die Messung nicht verfälscht. Nach 5 Tagen im Dunkeln bei gleichbleibender Temperatur (ca. 20 °C) wird noch einmal der Sauerstoffgehalt bestimmt. Die Differenz entspricht dem BSB<sub>5</sub>. Für eine einfache Beurteilung kann auch der BSB<sub>2</sub> nach zwei Tagen erhoben werden.

$$\text{BSB}_5 \text{ (in mg/l)} = (\text{O}_2\text{-Konzentration bei Probenahme}) - (\text{O}_2\text{-Konzentration nach 5 Tagen})$$

#### Ökologische Bedeutung

Die Sauerstoffverhältnisse im Fließgewässer sind der entscheidende Überlebensfaktor für alle höheren Gewässerorganismen, wobei der Sauerstoffbedarf artspezifisch sehr unterschiedlich sein kann. Anaerobe Zustände im Gewässer können nur bestimmte Mikroorganismen (Anaerobier) überleben.

Sauerstoffmangel führt zum Absterben von höheren Organismen und zur Zunahme anaerober Stoffwechselvorgänge durch Mikroorganismen, die z.T. Toxine erzeugen.

#### Ursachen für Belastungen

Nicht oder unzureichend gereinigtes organisches Abwasser aus Kanalisationseinleitungen oder schlecht funktionierenden Kläranlagen.

## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen



### M 11.4: Biologische Gewässergüte

#### Erläuterungen zur Erhebung und Auswertung

##### ● Zeitpunkt

Die Biologische Gewässeruntersuchung sollte nach Möglichkeit im Frühjahr (März bis Mai) durchgeführt werden. Zu diesen Zeiten befinden sich die meisten Wasserinsektenlarven im Gewässer und das Ufer ist noch leicht zugänglich. Spätere Untersuchungen sind möglich, doch sind die genannten Einschränkungen zu berücksichtigen.

##### ● Auswahl der Probestelle

Die Probestelle sollte

- repräsentativ für einen längeren Gewässerabschnitt sein
  - alle gewässertypischen Substrate enthalten (Kies, Steine, Schlamm, Totholz/Blätter)
  - nicht im gestauten Bereich eines Gewässers, unter einer Brücke oder nach einer Verrohrung liegen.
- Stehende Gewässer lassen sich nach dieser Methode nicht bewerten!

##### ● Fehlerquellen

- Um repräsentative Ergebnisse zu bekommen, sollte nur bei normalem Wasserstand gesammelt, starke Regenfälle sollten 24 Stunden zurückliegen (bei Hochwasser werden viele Tiere verdriftet).
- In technische ausgebauten Gewässern kann das Ergebnis der biologischen Untersuchungen trotz sichtbar guter Wasserbeschaffenheit stark beeinträchtigt sein. Bestimmte Indikatororganismen fehlen hier, weil sie keine geeigneten natürlichen Lebensräume vorfinden, nicht jedoch wegen der schlechten Wasserqualität.
- Wird die biologische Untersuchung nur an Ruhigwasserstellen durchgeführt, kann das Ergebnis schlechter sein als in der Strömung; werden nur Steine untersucht, wird das Ergebnis künstlich verbessert, weil die „Schmutzfinken“ nicht erfasst werden. Also: Immer alle Substrattypen untersuchen!
- jahreszeitlich bedingt können bestimmte Organismen fehlen (z.B. schon geschlüpfte Insektenlarven).

##### ● Aufsammeln der Tiere

Zur Biologischen Gewässergütebestimmung wird das sog. Makrozoobenthos, das heißt die mit bloßem Auge erkennbaren wirbellosen Tiere des Gewässergrundes, herangezogen. Man findet die Insektenlarven, Schnecken, Kleinkrebse usw. vor allem an oder unter Steinen, im Schlamm oder an Wasserpflanzen. Es ist darauf zu achten, dass alle vorhandenen Substrate (Sand, Kies, Steine, Schlamm, Totholz, etc.) nach Tieren abgesucht werden, da in den einzelnen Substraten sehr unterschiedliche Arten vorkommen.

Zu empfehlen ist folgendes Vorgehen:

- 5x im Wasserpflanzenbestand keschern
- 5x Feinsubstrat (Kies, Sand, Schlamm) sieben („Goldwaschen“)
- 10 Steine aufnehmen und alle Seiten nach Tieren absuchen (möglichst schnell hochnehmen, damit keine Tiere herunterfallen oder fortgespült werden!)
- 3 Totholzanschwemmungen bzw. Laubpackungen durchsuchen.

Die Tiere werden sehr vorsichtig mit Pinsel oder Federstahlpinzette aufgenommen und zum Bestimmen in Weißschalen überführt. Tiere nach dem Bestimmen ins Wasser zurücksetzen!

##### ● Bestimmen der Tiere

Die Bestimmung nach ► M 11.5 ist so angelegt, dass sie im Freien mit einer Lupe möglich ist. Deshalb werden die Tiere auch nur in größere Gruppen, nach einfachen optischen Merkmalen zugeordnet. Für eine genauere Bestimmung sind SCHWAB (1995) und GRAW (2001) geeignet.

##### ● Auswertung

Vor allem in Gewässern, deren Verschmutzung im mittleren Bereich liegt, lassen sich an einer Probestelle nicht nur ausschließlich Tiere einer einzigen Güteklasse finden, sondern es kommen nebeneinander „Arten“ vor, die von ihrem Zeigerwert (= Saprobiewert) anderen Gewässergüteklassen zuzuordnen sind. Deshalb muss neben dem Saprobiewert auch die Anzahl der Tiere berücksichtigt werden. Sie geht in die Formel zur Berechnung der Biologischen Gewässergüte mit ein. Bei Massenaufkommen reicht es, die Individuen bis ungefähr 150 auszuzählen.

##### ● Zur Auswahl der „Indikatorarten“

Zur Gewässergütebestimmung werden nur Tiere herangezogen, die relativ leicht zu bestimmen sind, typisch für ihre jeweilige Gewässergüteklasse sind und dort relativ häufig vorkommen. Andere gefundene Tiere sollten der Vollständigkeit halber mit aufgeführt werden, sie gehen jedoch nicht in die Gewässergütebestimmung ein, weil sie schwer zu bestimmen sind oder ein zu großes Toleranzspektrum gegenüber der Wasserqualität haben, d.h. in sauberem und verschmutztem Wasser gleichermaßen vorkommen.



## Erläuterungen zu den Bewertungsbögen

### M 11.4: Biologische Gewässergüte

#### 24. Wirbellose Tiere Biologische Gewässergüte

1 nicht belastet / sehr gut	1,0 bis 1,4
2 wenig belastet / gut	1,5 bis 2,2
3 mäßig belastet / mäßig	2,3 bis 2,6
4 kritisch belastet / unbefriedigend	2,7 bis 3,1
5 übermäßig belastet / schlecht	3,2 bis 4,0

#### Ökologische Bedeutung

Der Saprobienindex weist in erster Linie auf die Belastung eines Fließgewässers mit sauerstoffzehrenden, biologisch leicht abbaubaren Stoffen hin. Darüber hinaus gibt das Arteninventar auch wichtige Auskünfte über den gesamtökologischen Zustand des Gewässerabschnittes. So ist ein natürliches Artenspektrum nur in Gewässern zu erwarten, die auch eine naturnahe, vielfältige Gewässerstruktur aufweisen. Ein geringes Artenspektrum trotz guter Gewässerstruktur und guter Wasserqualität kann auf länger zurückliegende Verunreinigungen hinweisen. Auch in versauerten Gewässern sowie beim Vorhandensein bestimmter toxischer Stoffe ist eine biologische Verarmung zu beobachten..

#### Ursachen für Belastungen

- Nicht oder unzureichend gereinigtes (organisches) Abwasser aus Kanalisationseinleitungen oder schlecht funktionierenden Kläranlagen, Klärgruben oder Gewerbebetrieben.
- Naturferne Gewässerstrukturen
- Giftstoffe z.B. aus Industrie oder intensiver Landwirtschaft

Bewertungsbögen zusammengestellt nach:

BORCHARDT, D.; SCHMIDT, T. (1997): Leitfaden für das Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit. Wiesbaden.

DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DWWK) (1996): Fluß und Landschaft – Ökologische Entwicklungskonzepte. Merkblatt 240/1996. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser. Bonn.

HAMM, A. (Hrsg.) (1991): Studie über Wirkungswerte und Qualitätsziele für Nährstoffe in Fließgewässern; Academia Verlag. St. Augustin.

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER LAWVA (Hrsg.) (1998): Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland. Chemische Gewässergütequalifikation. Kulturbuchverlag. Berlin

LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER LAWVA (2000): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Kulturbuchverlag. Berlin.

REGIERUNGSPRÄSIDIUM GIESSEN (Hrsg.) (1994): Modellhafte Erarbeitung eines ökologisch begründeten Sanierungskonzeptes für kleine Fließgewässer am Beispiel der Lahn. Abschlussbericht. Gießen.





Glossar	▶ 246
Die wichtigsten Gesetze zum Gewässerschutz	▶ 248
Adressenverzeichnis	▶ 249
Medienverzeichnis	▶ 253
Verzeichnis Farbfolien	▶ 258





#### ► ABWASSER

Wasser, das durch Einfluss des Menschen in seiner chemischen Zusammensetzung oder seinen physikalischen Eigenschaften direkt oder indirekt verändert wurde. Dies kann durch häuslichen, industriellen oder landwirtschaftlichen Gebrauch geschehen, schließt aber auch das von versiegelten Flächen abfließende Niederschlagswasser sowie Kühlwasser mit ein.

#### ► ALLOCHTHON

biotopfremd; Stoff oder Lebewesen, das aus einem anderen Biotop stammt (Gegenteil ► AUTOCHTHON).

#### ► AUE

Übergangsbereich zwischen Fließgewässer und umgebender Landschaft, der unter natürlichen Bedingungen regelmäßig überschwemmt wird.

#### ► AUELEHM

Feinkörnige, häufig sehr fruchtbare Bodenschichten, die sich im Laufe der Jahrhunderte durch Sedimentationsprozesse in der Aue abgelagert haben. Können mehrere Meter mächtig sein. Die verstärkte Auelehmbildung begann im Mittelalter mit der weiträumigen Abholzung von Wäldern zur Gewinnung von Ackerland.

#### ► AUTOCHTHON

bodenständig, zum Biotop gehörend; Stoff oder Lebewesen, das in dem selben Gebiet oder Biotop entstanden ist. (Gegenteil: ► ALLOCHTHON)

#### ► BENTHOSORGANISMEN

Lebewesen des Gewässergrundes (Benthos).

#### ► BIOTOP

Lebensstätte einer Lebensgemeinschaft (Biozönose), in der relativ einheitliche Lebensbedingungen herrschen.

#### ► BIOZÖNOSE

Lebensgemeinschaft von Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen in einem abgrenzbaren Lebensraum (Biotop).

#### ► BSB

biochemischer Sauerstoffbedarf (► SEITE 228)

#### ► DENITRIFIKATION

Die Reduktion von Nitrat über Nitrit zu gasförmigem, elementarem Stickstoff ( $N_2$ ) durch Bakterien.

#### ► DESTRUENTEN

Organismen (v.a. Bakterien und Pilze), die tote organische Substanz in anorganische, mineralische Stoffe umsetzen, deshalb auch Zersetzer oder Mineralisierer genannt.

#### ► DETRITUS

tote organische Substanz, die im Wasser schwebt oder als Schlamm am Gewässergrund abgelagert ist; z.B. zerkleinerte Blätter, Reste toter Tiere und Pflanzen.

#### ► DIFFUSER STOFFEINTRAG

Eintrag von (Schad-)stoffen in ein Gewässer, die keinem genauen Herkunftsort zuzuordnen sind, d.h. von Oberflächen, aus dem Grundwasser, dem Niederschlag oder der Luft stammen.

#### ► EINWOHNERGLEICHWERT

Die Menge an Schmutzstoffen im Abwasser, die der eines Einwohners pro Tag entspricht. Liegt bei 60g BSB<sub>5</sub>, 11g N, 2,5 g P je Einwohner/Tag. Orientierungswert für die Ausbaugröße einer Kläranlage, der den Vergleich verschiedener Abwässer ermöglicht.

#### ► EROSION

Durch Wasser- oder Windbewegung verursachte Abtragung von Bodenmaterial.

#### ► EURYÖK

Bezeichnung für Lebewesen, die Schwankungen lebenswichtiger Umweltfaktoren gut ertragen und daher in verschiedensten Lebensräumen vorkommen können; „Allerweltsarten“. (Gegenteil ► STENÖK).

#### ► EUTROPHIERUNG

Durch Nährstoffe ausgelöstes, übermäßiges Algen und/oder Pflanzenwachstum, das den Stoffhaushalt eines Gewässers nachteilig verändert (► S. 66).

#### ► EXTENSIVE LANDNUTZUNG

naturverträgliche Landwirtschaftsform, bei der keine überschüssigen Nährstoffe eingetragen werden und keine Gefahr einer Übernutzung der vorhandenen Ressourcen besteht (Gegenteil: Intensive Landnutzung).

#### ► GEWÄSSERSTRUKTURGÜTE

Bewertung von Gewässern nach ihrem äußeren Erscheinungsbild im Vergleich zum potenziell natürlichen Zustand. Zur Bewertung werden u.a. Gewässerumgebung, Ufer, Gewässersole und Strömungsverhalten herangezogen. Liefert Hinweise auf die ökologische Qualität eines Gewässers.

#### ► HABITAT

Die bevorzugte Lebensstätte einer Art. Die meisten Gewässerorganismen haben eine spezifische Bindung, ein bestimmtes Habitat (Z.B. Schlamm, Sand, Steine, Totholz, Wasserpflanzen), an das sie durch Körperbau und Ernährungsweise angepasst sind.

#### ► HESSNET

Computerprogramm für Schulen zur Auswertung und zum Austausch von Gewässergütedaten. Herausgegeben vom HESSISCHEN LANDESINSTITUT FÜR PÄDAGOGIK (HELP) (1998). Koordination und Information Schulbiologiezentrum Biedenkopf (► [www.schubiz.marburg-biedenkopf.de](http://www.schubiz.marburg-biedenkopf.de))

#### ► HYDROLOGIE

Wissenschaft von den physikalischen Eigenschaften des Wassers.



### ► INTERSTITIAL

Lückensystem in der kiesigen oder sandigen Gewässersohle. Wichtiger Lebens- und Rückzugsraum für viele Tiere. Grenzzone zwischen Fließgewässer und Grundwasserbereich.

### ► KOMPENSATIONSFLUG

Anpassung von Wasserinsekten an die Verdriftung durch Strömung. Viele Eintagsfliegen fliegen z.B. direkt nach dem Schlüpfen entgegen der Strömung gewässeraufwärts.

### ► KONSUMENTEN

(Verbraucher) Alle tierischen Organismen in einem Ökosystem. Sie ernähren sich von vorgebildeter organischer Substanz. Man unterscheidet primäre Konsumenten, die sich von Pflanzen (Produzenten) ernähren und Sekundärkonsumenten, die andere Tiere fressen. Je nach Länge einer Nahrungskette kann es auch weitere Konsumentenstufen geben.

### ► LIMNOLOGIE

Lehre von der Ökologie der stehenden und fließenden Binnengewässer.

### ► MAKROBENTHOS

Wirbellose Tiere des Gewässergrundes (Benthos), die mit bloßem Auge zu erkennen sind (Insektenlarven, Muscheln, Schnecken, Egel etc.).

### ► MISCHKANALISATION

Kanalisationstyp, bei dem Abwasser und Regenwasser in einem gemeinsamen Kanalsystem gesammelt und abgeleitet werden.

### ► NITRIFIKATION

Mikrobielle Umsetzung (Oxidierung) des Ammoniums über Nitrit zu Nitrat.

### ► ÖKOLOGISCHE BARRIERE

Alle Querverbauungen in einem Fließgewässer (Verrohrungen, Wehre, Staustufen), die das Wandern von Kleintieren und Fischen im Gewässer verhindern.

### ► ÖKOLOGISCHES SYSTEM

Beziehungsgefüge von Lebewesen und ihrer anorganischen Umwelt innerhalb einer geographisch und funktional abgrenzbaren Einheit, in der ein intensiver Stoff- und Energieaustausch stattfindet und das in gewissem Maße zur Selbstregulation befähigt ist.

### ► PRODUZENTEN

(Erzeuger) Organismen, die sich autotroph ernähren, das heißt mit Hilfe von Sonnenlicht organische Substanz bilden können. Alle höheren Pflanzen, Algen und einige Bakterien (Blualgen). Produzenten bilden die Basis der Nahrungspyramide.

### ► REFUGIALRAUM

Rückzugsraum, in der ein Tier oder eine Pflanze vor schädlichen und energieverbrauchenden Umwelteinflüssen relativ sicher ist. Typische Refugialräume in Fließgewässern sind z.B. das ► INTERSTITIAL oder strömungsberuhigte Uferbereiche.

### ► RENATURIERUNG

Rückführung eines nachteilig veränderten Lebensraumes (z.B. eines begradigten Baches) in einen naturnäheren Zustand.

### ► RETENTIONSÄRÄUME

Bezeichnung für intakte Auen, die als natürliche Wasserrückhaltesysteme eine wichtige Funktion im Wasserhaushalt haben und zum Hochwasserschutz beitragen.

### ► SAPROBIENSYSTEM

Eine Zusammenstellung von Organismen, deren ökologischer Verbreitungsschwerpunkt (Vorkommen und Häufigkeit) das Ausmaß der organischen Belastung eines Fließgewässers anzeigt. Grundlage für die biologische Gewässergütebestimmung (► S. ).

### ► SEDIMENTATION

Ablage von Stoffen/Bodenmaterial, die durch Wasser oder Windbewegungen transportiert werden.

### ► STENÖK

Bezeichnung für Lebewesen, die Schwankungen lebenswichtiger Umweltfaktoren nur schlecht verkraften und deshalb nur in bestimmten Biotopen vorkommen. Spezialisierte Arten. (Gegenteil ► EURYÖK)

### ► STRUKTURGÜTEKLASSEN

Durch genormte Bewertungsverfahren festgelegte 7 Güteklassen zur Beschreibung und Bewertung der ► GEWÄSSERSTRUKTURGÜTE. Beschreiben den Natürlichkeitsgrad eines Gewässers bzw. das Ausmaß des Gewässerausbaus.

### ► SUBSTRAT

Material auf oder in dem Organismen leben und von dem sie sich häufig auch ernähren (Steine, Totholz, Pflanzen).

### ► SUKZESSION

Aufeinanderfolge von Lebensgemeinschaften in einer sich verändernden Umwelt. Eine Sukzession endet mit dem stabilen Klimax-Stadium. Beispiel: Moorentstehung.

### ► TRENNKANALISATION

Kanalisationstyp, bei dem Abwasser und Regenwasser in zwei getrennten Kanalsystemen gesammelt und abgeleitet werden.

### ► VERDRIFTUNG

„Unfreiwillige“ Verschleppung (passiver Transport) eines Lebewesens mit der Wasserströmung oder mit dem Wind.

### ► XENOBIOTICA

Oberbegriff für alle naturfremden, synthetisch hergestellten Stoffe (z.B. Industriechemikalien).



# Die wichtigsten Gesetze zum Gewässerschutz

Gewässerschutz ist in Deutschland ein gesetzlicher Auftrag, der auf mehreren Ebenen geregelt ist. Die Bestimmungen der EU gewinnen auch für den Gewässerschutz immer mehr an Bedeutung. Auf Bundesebene werden die Rahmenbedingungen für den Gewässerschutz festgelegt, während die Umsetzung („Vollzug“) Ländersache ist.

### Europäisches Recht

- EU-Wasserrahmenrichtlinie

download unter ► [www.hlug.de](http://www.hlug.de)

### Bundesrecht

- Wasserhaushaltsgesetz
- Bundesnaturschutzgesetz

download unter ► [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

### Landesrecht

- Hessisches Wassergesetz (1990)
- Hessisches Naturschutzgesetz (1992)

download unter ► [www.hmulv.hessen.de](http://www.hmulv.hessen.de)



Viele Behörden und Verbände haben eine Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit, über die kostenlos oder gegen geringe Schutzgebühr gutes Informationsmaterial zu beziehen ist. Wichtige Informationen (z.B. aktuelle Statistiken, Ergebnisse der Gewässergütemessprogramme, Publikationslisten) bieten auch die entsprechenden Internetseiten. Lehrerinnen und Lehrer können hier spezielles und vertiefendes Material für ihre Unterrichtsvorbereitung beziehen. Schülerinnen und Schülern haben nahezu unbegrenzte Möglichkeiten zu recherchieren z.B. für Referate, Facharbeiten oder im Rahmen von Projektunterricht.

#### **Bundesbehörden (Zuständigkeitsbereich Gewässerschutz)**

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit  
Alexanderplatz 6  
10178 Berlin  
Tel: 0188/305-0  
X Internet: [www.bmu.de](http://www.bmu.de)

*Oberste Bundesbehörde für Umweltangelegenheiten mit Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit. Informative Homepage mit zahlreichen Links. Hrsg. von Broschüren und Informationschriften.*

Umweltbundesamt (UBA)  
Postfach 33 00 22  
14191 Berlin  
Tel: 030/8903-0  
X Internet: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)  
*Zentrale Behörde der Bundesregierung zum Umweltbereich mit Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit. Umfangreiche Veröffentlichungen. Daten zur Umwelt (Globale Umweltprobleme, Natur und Landschaft, Wald, Wasser, Boden, Luft, Meere, Lärm Umwelt und Gesundheit, Strahlenschutz).*

Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)  
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15-17  
56068 Koblenz  
Tel: 02 61/1306-0  
X Internet: [www.bafg.de](http://www.bafg.de)  
*Institut des Bundes für Forschung, Begutachtung und Beratung auf den Gebieten Gewässerkunde, -ökologie und -schutz. Abrufbar sind gewässerkundliche Nachrichten und Informationen über aktuelle hydrologische Ereignisse. Verfügbar ist eine internationale Datenbank (Global Runoff Data Centre) mit Gewässergütedaten von rund 3.600 Messstationen aus über 140 Ländern der Erde.*

Bundesamt für Naturschutz (BfN)  
Konstantinstr. 110  
53179 Bonn-Bad Godesberg  
Tel: 0228/ 84 91-0  
Fax: 0228/8491-200  
X Internet: [www.bfn.de](http://www.bfn.de)

*Zentrale wissenschaftliche Behörde für Naturschutz, Landschaftspflege und Ökologie. Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit. Hrsg. von Schriftenreihen; u.a. „Rote Liste“ sowie die Zeitschrift „Natur und Landschaft“. Adressbuch Naturschutz.*

Statistisches Bundesamt  
Gustav-Stresemann-Ring 11  
65189 Wiesbaden  
Tel: 0611/75-1  
X Internet: [www.statistik-bund.de](http://www.statistik-bund.de)

*Information und Dokumentation auf dem Umweltsektor: Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Investitionen für den Umweltschutz; Aufbau einer umwelt-ökonomischen Gesamtrechnung.*

#### **Behörden des Landes Hessen**

Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz  
Mainzer Str. 80  
65189 Wiesbaden  
Tel: 0611/815-0  
X Internet: [www.hmulv.hessen.de](http://www.hmulv.hessen.de)

*Oberste Landesbehörde für Umweltangelegenheiten. U.a. zuständig für Wasserwirtschaft und Gewässerschutz. Hrsg. zahlreicher Broschüren. Referat für Öffentlichkeitsarbeit.*

Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie (HLUG)  
Postfach 3209  
65022 Wiesbaden  
Tel: 0611/69 39-0  
X Internet: <http://www.hlug.de>  
*Hessische Fachbehörde des Umweltschutzes und der Geowissenschaften. Unterstützt die Landesregierung als wissenschaftliche Informations-, Beratungs- und Untersuchungsstelle. Hrsg. des Gewässergüteberichtes. Die Daten aller hessischen Gewässergütemessstationen seit 1990 sowie Gewässergütekarten (Biologischer Gewässerzustand, Strukturgüte und chemische Gewässergütekarten) sind abrufbar.*



Hessisches Landesvermessungsamt  
Postfach 3249  
65022 Wiesbaden  
Tel: 0611/535-0  
X Internet: [www.hkv.hessen.de](http://www.hkv.hessen.de)  
*Herausgabe und Vertrieb von Kartenmaterial und Luftbildern (aktuell und historisch flächendeckend für Hessen, auch auf CD-Rom).*

Hessisches Statistisches Landesamt  
Rheinstraße 35/37  
65185 Wiesbaden  
Tel: 0611/3802-0  
X Internet: [www.hsl.de](http://www.hsl.de)  
*Dokumentation statistischer Daten für Hessen u.a. zu Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Flächennutzungen. Ein großer Teil der Daten sind gedruckt und digital erhältlich.*

### Arbeitsgemeinschaften, Verbände und Vereine

AK Wasser  
im Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz e.V. (BBU)  
Rennerstr. 10  
79106 Freiburg  
Tel: 0761/27 56 93  
X Internet: [www.akwasser.de](http://www.akwasser.de)  
*Kritische Beurteilung aktueller wasserpolitischer Themen. Herausgabe des BBU Wasserrundbriefes. Materialsammlungen zu unterschiedlichen wasserbezogenen Themen gegen Entgelt. Fernsehtipps zu Wasser-Themen.*

Bund für Umwelt und Naturschutz e.V. (BUND)  
Bundesgeschäftsstelle  
Am Köllnischen Park 1  
10179 Berlin  
Tel: 030/27 58 64-0  
X Internet: [www.bund.net](http://www.bund.net)

Bund für Umwelt und Naturschutz in Deutschland e.V. (BUND)  
Landesverband Hessen  
Triftstr. 47  
60528 Frankfurt  
Tel: 0228/40 09 7-0  
X Internet: [www.bund-hessen.de](http://www.bund-hessen.de)

BUNDjugend Hessen  
Triftstr. 47  
60528 Frankfurt  
Tel: 069/677 37 630  
X Internet: [www.bundjugendhessen.net](http://www.bundjugendhessen.net)  
*Überregionale Jugendgruppe des BUND. Veranstaltungen von Seminaren, Freizeiten, Aktionen. Zeitschrift: „Der grüne Faden.“*

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DVWK)  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef  
Tel: 0 22 42/872 – 0  
X Internet: [www.atv.de](http://www.atv.de)  
*Fachvereinigung Abwassertechnik, Wasserwirtschaft, Wasserbau und Gewässerschutz. Festlegung von Regelwerken und Erstellung von Merkblättern. Schriftenreihe. Abteilung für Öffentlichkeitsarbeit.*

Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG Weser)  
An der Scharlake 39  
31135 Hildesheim  
Tel: 05121/509-712  
X Internet: [www.fgg-weser.de](http://www.fgg-weser.de)  
*Arbeitsgemeinschaft mit dem Ziel einer länderübergreifenden Bewirtschaftung des Wesereinzugsgebietes unter Beteiligung der Bundesländer Bremen, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen. Gibt unter anderem Gewässergütekarten und -berichte über den Zustand der Weser und ihrer Nebenflüsse heraus.*

Hessische Gesellschaft für Ornithologie und Naturschutz e.V. (HGON)  
Lindenstr. 5  
61209 Echzell  
Tel: 0 60 08/1803  
X Internet: [www.hgon.de](http://www.hgon.de)  
*Betreut u.a. das Auenzentrum Hessen.*

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)  
Technisch-wissenschaftliches Sekretariat  
Postfach 309  
56003 Koblenz  
Tel: 0261/12495  
X Internet: [www.iksr.de](http://www.iksr.de)  
*Internationaler Interessensverband. Öffentlichkeitsarbeit. Gibt Broschüren heraus. U.a. Statistiken über Entwicklung der Rheinwasserqualität.*



Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA)

X Internet: [www.lawa.de](http://www.lawa.de)

*Zusammenschluss der für die Wasserwirtschaft und das Wasserrecht zuständigen Ministerien der Länder.*

*U.a. Festlegung von Verfahren und Kriterien zur einheitlichen Bewertung der Gewässergüte. Hrsg. der Gewässergütekarten von Deutschland. Vorsitz und damit Geschäftsadresse wechselt von Bundesland zu Bundesland.*

Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU)

NABU-Bundesgeschäftsstelle

Herbert-Rabius-Str. 26

53225 Bonn

Tel: 0228 / 40 36 – 0

X Internet: [www.nabu.de](http://www.nabu.de)

Naturschutzjugend im NABU

NAJU-Bundesgeschäftsstelle

Herbert-Rabius-Str. 26

53225 Bonn

Tel: 0228 / 40 36 – 190

X Internet: [www.naju-bgs.de](http://www.naju-bgs.de)

Naturschutzbund Deutschland e.V.

Landesverband Hessen

Friedenstr. 26

35578 Wetzlar

Tel: 06441/679040

X Internet: [www.nabu-hessen.de](http://www.nabu-hessen.de)

Verband Deutscher Sportfischer e.V. (VDSF)

Siemensstr. 11 – 13

63071 Offenbach am Main

Tel: 069/85 50 06

X Internet: [www.vdsf.de](http://www.vdsf.de)

Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e.V. (VDG)

Königswinterer Str. 829

53227 Bonn

Tel: 0228/37 50 07

X Internet: [www.vdg-online.de](http://www.vdg-online.de)

*Gemeinnütziger Verein. Breite Öffentlichkeitsarbeit mit umfangreichen kostengünstigen Info-Materialien zum Thema Wasser, vor allem für Schulen.*

### Umweltbildungseinrichtungen

Im Bereich Umweltbildung gibt es eine große Anzahl von Einrichtungen unterschiedlicher Trägerschaft, die als außerschulische Lernorte (z.B. im Rahmen von Exkursionen oder themenbezogenen Klassenfahrten) von Schulgruppen sowie für die Fortbildung und als „Ideenbörsen“ von Lehrerinnen und Lehrern genutzt werden können.

Informationen und Adressen mit ausführlichen Beschreibungen der einzelnen Einrichtungen unter ► [www.umweltbildung.de](http://www.umweltbildung.de).

### Weitere Links

► [www.bildung.hessen.de](http://www.bildung.hessen.de)

*Hessischer Bildungsserver. Onlinedienst des Hessischen Kultusministeriums und des Hessischen Landesinstituts für Pädagogik (HeLP).*

► [www.umweltbundesamt.de/uba-datenbanken](http://www.umweltbundesamt.de/uba-datenbanken)

*Unterrichtsmaterialien für einen bewussten und nachhaltigen Umgang mit Wasser. Mediendatenbank des Umweltbundesamtes rund um den Gewässerschutz mit ca. 300 Einträgen.*

► [www.umweltdeutschland.de](http://www.umweltdeutschland.de)

*Umfangreiche und multimedial aufbereitete Daten- und Faktensammlung der Umweltbundesamtes und des Bundesumweltministeriums zu den Themen Wasser, Boden, Luft und Lebensräume in Deutschland.*

► [www.uvm.baden-wuerttemberg.de/uvm/abt5/wasser/text/index1.htm](http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/uvm/abt5/wasser/text/index1.htm)

*„Wasser schlägt Wellen“. Schülergerechte, animierte Informationssite des Umweltministeriums Baden-Württemberg mit Daten und Fakten zu verschiedenen Wasserthematen.*

► [www.wasser-agenda.21.de](http://www.wasser-agenda.21.de)

*Webseite zum Aktionshandbuch "Nachhaltige Wasserwirtschaft und Lokale Agenda 21" Hrsg. Umweltbundesamt. Mit Aktionsbeispielen zur Umsetzung nachhaltiger Wasserwirtschaft aus unterschiedlichsten Bereichen (u.a. Abwassermanagement, Wasserversorgung, Umweltbildung, Stadt- und Landschaftsplanung). Wird fortgeschrieben und ergänzt. Präsentationsforum für eigene Projekte. Hinweise auf weiterführende Publikationen und Links.*

► [www.wasser-macht-schule.de](http://www.wasser-macht-schule.de)

*Gemeinschaftsprojekt des Umwelt- und Kultusministeriums Rheinland-Pfalz und des Südwestrundfunks. U.a. schülergerechtes Lexikon zu verschiedensten Wasserthematen. Unterrichtstipps und –materialien. Download von Videos.*



## Anhang

### Adressenverzeichnis

► [www.rivernet.org](http://www.rivernet.org)

*Aktuelle Informationen und Zustandsberichte über Flüsse weltweit.*

► [www.rivers-of-life.info](http://www.rivers-of-life.info)

*Interaktives Kommunikationsprojekt zum nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser. Ziel des Projekts ist, die Öffentlichkeit für das Thema Wasser und die globalen Wasserprobleme zu sensibilisieren.*

► <http://nachhaltigkeit.aachener-stiftung.de>

*Lexikon zum Thema Nachhaltigkeit. Definitionen des Begriffes aus unterschiedlichster Sicht. U.a. Weltkommission für Umwelt und Entwicklung 1987; Agenda 21/Rio-Konferenz 1992 und andere internationale Konferenzen. Außerdem Definitionen und Stellungnahmen von Wissenschaftlern, Regierungen, Parteien und Kirchen.*

► [www.wrrl-info.de](http://www.wrrl-info.de)

*Allgemeine Informationen zur EU-Wasserrahmenrichtlinie.*

► [www.flussgebiete-hessen.de](http://www.flussgebiete-hessen.de)

*Informationen zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in Hessen.*

► [www.seefelder-aach.de](http://www.seefelder-aach.de)

*Präsentation des Pilotprojektes „Ganzheitlicher Gewässerschutz an der Seefelder Aach“ als Beispiel für die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie in einem kleinen Flussgebiet. Hrsg. Umweltministerium Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Tübingen.*



#### Fachliteratur

- ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG ATV (1996): Zahlen zur Abwasser- und Abfallwirtschaft. GFA e.V. Hennef.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINHALTUNG DER WESER (1998): Gewässerstrukturgütekarte Weser, Werra, Fulda. Hrsg. Wassergütestelle Weser im Niedersächsischen Landesamt für Ökologie. Hildesheim.
- ATV-DVWK DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E.V. (HRSG.) (2001): Freizeit und Erholung an Fließgewässern. Merkblatt M 603. Bonn.
- BARTH, W. E. (1995): Naturschutz: Das Machbare. Praktischer Umwelt- und Naturschutz für alle. Ein Ratgeber. Paul Parey, Hamburg.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (HRSG.) (1996): Ökologische Typisierung der aquatischen Makrofauna. Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Band 4. München.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (HRSG.) (1996): Ökologisch begründete Sanierungs-konzepte kleiner Fließgewässer – Fallbeispiel Vils/Oberpfalz. Schriftenreihe des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft. Heft 26. München.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (Hrsg.) (1998): Integrierte ökologische Gewässerbewertung – Inhalte und Möglichkeiten. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. 119-139. Oldenbourg Verlag. München, Wien.
- BINOT, M.; BLESS, R.; BOYE, P.; GRUTTKE, H.; PRETSCHER H. (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. Hrsg. Bundesamt für Naturschutz. Landwirtschaftsverlag. Münster.
- BLESS, R. (1992): Einsichten in die Ökologie der Elritze. Schriftenreihe des Deutschen Rates für Landschaftspflege und Naturschutz 35.
- BOHLE, H.W. (1995): Limnische Systeme. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg.
- BORCHARDT, D. (1998): Zielsetzungen einer ökologischen Wasserwirtschaft. In: Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie. 119-139. Oldenbourg Verlag. München, Wien.
- BORCHARDT, D. (1992): Wirkungen stoßartiger hydraulischer und stofflicher Belastungen auf ausgewählte Fließgewässerorganismen. Ein Beitrag zur Beurteilung ökologischer Schäden durch Niederschlagswassereinleitungen aus Kanalisationen. Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Universität Gesamthochschule Kassel. Band 10. Kassel.
- BORCHARDT, D.; KREJCI, V.; SPERLING, F.; WIETING, J. (1999): Abwassereinträge aus der Siedlungsentwässerung: Ist-Zustand und Prioritäten. In: ATV (Hrsg.). Prioritäten der Abwasserreinigung. Schriftenreihe der Abwassertechnischen Vereinigung. GFA - Verlag, St. Augustin.
- BORCHARDT, D.; SCHMIDT, T. (1997): Leitfaden für das Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen. Hrsg. Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend Familie und Gesundheit. Wiesbaden.
- BORCHARDT, D.; SCHÄFFER, C. (1998): Zusammenhänge zwischen der Tiefenerosion und Gewässerstrukturgüte von Mittelgebirgsbächen. Wasser & Boden 50/12: 34-37.
- BORCHARDT, D.; WOLF, P. (1993): Labor- und Modelluntersuchungen zur benthischen Nitrifikation in Fließgewässern. Wasserwirtschaft (83) 4:218-225.
- BRAUKMANN, U. (1987): Zoozoologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen Bachtypologie. Archiv für Hydrobiologie. Beiheft 26.
- CUMMINS, K.W.; KLUG, M.J. (1979): Feeding ecology of stream invertebrates. Annual review of Ecology and Systematics. 10:142-172.
- DEUTSCHER VERBAND FÜR WASSERWIRTSCHAFT UND KULTURBAU (DVWK) (1996): Fluß und Landschaft – Ökologische Entwicklungskonzepte. Merkblatt 240/1996. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser. Bonn.
- DIN 38410 (1990): Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung: Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung. Teil 2. VCH Verlagsgesellschaft.





- ELLENBERG, H. (1982): *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. Eugen Ulmer Verlag. Stuttgart.
- FORSCHUNGSGRUPPE FLIEßGEWÄSSER (1993): *Fließgewässertypologie*. Ecomed-Verlag. Landsberg.
- FREDE, H.G.; DABBERT, S. (Hrsg.) (1998): *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. Ecomed-Verlag. Landsberg.
- FRIEDRICH, G (1990): *Eine Revision des Saprobien-systems*. Zeitschrift für Wasser- und Abwasserforschung. 23:141-152.
- FRISSEL, C.A.; LISS, W.A.; WARREN, C.E.; HURLEY, M.D. (1986): *A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in the watershed context*. Environmental Management 10 (2). 199-214.
- FRÖMBGEN, B.K.; OTTO, A; TÖNSMANN, F.; RICHTER, K. (1992): *Naturnaher Wasserbau, Projekt Holzbach*. Hg. Kreisverwaltung Neuwied.
- GERKEN, B. (1988): *Auen – Verborgene Lebensadern der Natur*. Rombach-Verlag. Freiburg.
- HAMM, A. (HRSG.) (1991): *Studie über Wirkungsweise und Qualitätsziele für Nährstoffe in Fließgewässern*. Academia Verlag. St. Augustin.
- HESSISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (HLUG) (2002): *Europäische EU-Wasserrahmenrichtlinie*. Faltblatt. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (1998): *Hessischer Gewässergütebericht 1997*. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (1997): *Lebensadern unserer Landschaft*. Broschüre. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (1997): *Jahresbericht der Wasserwirtschaft Hessen*. Wasser & Boden 49/7: 67-70.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, ENERGIE, JUGEND, FAMILIE UND GESUNDHEIT (1994): *Gewässergüte im Lande Hessen. Entwicklung der Jahre 1984-1994*. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2003): *Förderfibel Renaturierung von Fließgewässern*. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2001): *Biologischer Gewässergütezustand 2000*. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): *Gewässerstrukturgüte in Hessen 1999*. Gütekarte und Erläuterungsbericht. Wiesbaden.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (2000): *Hessischer Gewässergütebericht*. Fortschreibung 1999. CD-Rom. Wiesbaden.
- HESSISCHES STATISTISCHES LANDESAMT (2003): *Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung in Hessen 2001*. Statistische Berichte. Wiesbaden.
- IMHOFF, K. (1990): *Taschenbuch der Stadtentwässerung*. 27. Aufl. Oldenbourg- Verlag. München, Wien.
- KAULE, G. (1991): *Arten und Biotopschutz*. 2. Aufl. Verlag Eugen Ulmer. Stuttgart.
- KELLER, R. (1979): *Hydrologischer Atlas von Deutschland*. Boppard.
- KLEE, O. (1991): *Angewandte Hydrobiologie*. Trinkwasser, Abwasser, Gewässerschutz. Thieme-Verlag. Stuttgart.
- KOCHMANN, F. (1992): *Die Bedeutung der Gewässerökologie für Fragen des Gewässerbaus*. Schriftenreihe des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes. 86:13-27.



- KOLKWITZ, R.; MARSSONS, M. (1902): *Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna*. Mitt. K. Prüfamt. Wasservers. Abwasserbes. Berlin-Dahlem 1:33-72.
- KÜGEL, B. (1993): *Modellhafte Erarbeitung ökologisch begründeter Sanierungskonzepte für kleine Fließgewässer. Fallbeispiel Vils/Oberpfalz. Teilbericht Biologie*. Hrsg. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft. München.
- KUMMERT, R.; STUMM, W. (1989): *Gewässer als Ökosysteme. Grundlagen des Gewässerschutzes*. Teubner Verlag. Stuttgart.
- KUTTER, S.; SPÄTH, V. (1993): *Rheinauen. Bedrohtes Paradies am Oberrhein*. Verlag G. Braun. Karlsruhe.
- LAMPERT, W.; SOMMER, U (1993): *Limnökologie*. Thieme-Verlag. Stuttgart.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1996): *Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland. Biologische Gewässergütekarte 1995*. Kulturbuchverlag. Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1997): *Fließgewässer der Bundesrepublik Deutschland. Empfehlung für die regelmäßige Untersuchung der Beschaffenheit der Fließgewässer in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland. LAWA-Untersuchungsprogramm in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland*. Kulturbuchverlag. Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1998): *Beurteilung der Wasserbeschaffenheit in der Bundesrepublik Deutschland. Chemische Gewässergütequalifikation*. Kulturbuchverlag. Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1998): *Jahresbericht der Wasserwirtschaft 1998*. In: *Wasser & Boden* 50/7: 7-32.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1999): *Gewässerbewertung - stehende Gewässer. Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien 1998*. Kulturbuch Verlag. Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (1999): *Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland. Fließgewässer der Bundesrepublik Deutschland. Karten der Wasserbeschaffenheit 1987-1996*. Kulturbuchverlag. Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2000): *Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland – Verfahren für kleine und mittlere Fließgewässer*. Kulturbuchverlag. Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2002A): *Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland. Biologische Gewässergütekarte 2000*. Kulturbuchverlag. Berlin.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (LAWA) (2002B): *Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland. Gewässerstrukturkarte 2001*. Kulturbuchverlag. Berlin.
- LANDESUMWELTAMT NORDRHEIN-WESTFALEN (1996): *Naturraumspezifische Leitbilder für kleine und mittelgroße Fließgewässer in der freien Landschaft*. LUA-NRW-Materialien Nr. 23. Essen
- LIEBSCHER, H.J. (1994): *Der Kreislauf des Wassers*. In: ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG (Hrsg.): *ATV-Handbuch. Planung der Kanalisation*. Ernst & Sohn-Verlag. Berlin. 89-100.
- MAUCH, E. (1998): *Die Selbstreinigung der Gewässer. Das Phänomen und seine Bedeutung für die Wassergütwirtschaft*. *Korrespondenz Abwasser* (45), 8: 1439-1453.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT, RAUMORDNUNG UND LANDWIRTSCHAFT DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (MURL-NRW) (1997): *Leitbilder für Tieflandbäche in Nordrhein-Westfalen*. Düsseldorf.
- MOHAUPT, V. (1997): *Gesamtdeutsche Übersicht über diffuse Stoffeinträge in die Oberflächengewässer als Basis für die Gewässerschutzpolitik*. Manuskript zum Vortrag auf der Fachtagung "Diffuse Stoffeinträge". CUT 20.11.97. Osnabrück.
- MOLLS, F. (1997): *Populationsbiologie der Fischarten einer niederrheinischen Auenlandschaft – Reproduktionserfolge, Lebenszyklen, Kurzdistanzwanderungen*. Dissertation. Köln.
- MUDRACK, K; KUNST, S. (1994): *Biologie der Abwasserreinigung*. 4. Aufl. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart.



- MUTSCHMANN, J.; STIMMELMAYR, F. (1995): *Taschenbuch der Wasserversorgung*. 11. Aufl. Franck-Kosmos-Verlags-GmbH. Stuttgart.
- PLACHTER, H. (1991): *Naturschutz*. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena.
- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION (2000): *Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*. ("EU-Wasserrahmenrichtlinie"). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 327/1 VOM 22.12.2000. Download unter [www.bmu.de](http://www.bmu.de).
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM GIESSEN (Hrsg.) (1994): *Modellhafte Erarbeitung eines ökologisch begründeten Sanierungskonzeptes für kleine Fließgewässer am Beispiel der Lahn*. Abschlussbericht. Gießen.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM KASSEL (2001): *Wiederansiedlung des Lachses in Nordhessen. Eine Kooperation des Regierungspräsidiums Kassel mit der Universität Gesamthochschule Kassel und dem Fischereiverband Kurhessen e.V.* Broschüre. Kassel.
- RIECKEN, U.; RIES, U.; SSYMANK, A. (1994): *Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands*. Bonn/Bad Godesberg.
- SCHMEDTJE U.; KOHMANN F. (1988): *Bewertung von Fließgewässern – Aussagekraft und Grenzen biologischer Indizes*. *Wasser und Boden* 11:610-615.
- SCHWOERBEL, J. (1999): *Einführung in die Limnologie*. 8. Aufl. Gustav-Fischer-Verlag. Stuttgart, Jena.
- TITTIZER, T.; KREBS, F. (Hg.) (1996): *Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen. Eine Bilanz*. Springer Verlag Heidelberg.
- UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.) (1998): *Daten zur Umwelt 1997*. Erich Schmidt Verlag. Berlin. [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de)
- V. TÜMPLING, W.; FRIEDRICH, G. (HRSG.) (1999): *Biologische Gewässeruntersuchung*. G. Fischer-Verlag. Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm.
- VANNOTE, R.L.; MINSHALL, G.W.; CUMMINS, K.W.; CUSHING, C.E. (1980): *The river continuum concept*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37:130-137.
- WENDLAND, H.; ALBERT, H.; BACH, M., SCHMIDT, R. (1994): *Atlas zum Nitratstrom in der Bundesrepublik Deutschland*. Springer-Verlag. Berlin.
- WHG (2002): *Bekanntmachung der Neufassung des Wasserhaushaltsgesetzes*. *Bundesgesetzblatt I*. 59/2002, 3245-3266. Download unter [www.bmu.de](http://www.bmu.de).

### Unterrichtsmaterialien/Didaktik/Umweltbildung

- BAYERISCHE AKADEMIE FÜR SCHULLANDHEIMPÄDAGOGIK (1993): *Lebensraum Wasser. Handreichungen zur Umwelterziehung in Schullandheim und Schule*. Burghann-Mimberg.
- ARNOLD, T. (1988): *Die Verschmutzung der Wupper*. In: *Geschichte lernen*. 4/88 : 62 – 66.
- FEY, M.J. (1996): *Biologie am Bach. Praktische Limnologie für Schule und Naturschutz*. Quelle & Meyer. Wiesbaden.
- GESCHICHTE LERNEN (1995): *Wasser in der Geschichte*. Heft 47. Friedrich Verlag. Seelze.
- GRAW, M. (2002): *Gewässer. Reihe: natura – Projektplanung*. Ernst-Klett-Verlag, Stuttgart.
- GRAW, M. (2001): *Ökologische Bewertung von Fließgewässern*. *Schriftenreihe Vereinigung Deutscher Gewässerschutz*. Band 64. Bonn.
- HÄRLE, J. (1991): *Freizeitspaß oder Naturerhaltung? Landschaftsbeanspruchende Sportarten im Blickfeld*. *Praxis Geographie* 21 (3):34-39.
- HESSISCHES LANDESINSTITUT FÜR PÄDAGOGIK (HRSG.) (1998): *Umweltprojekt HESSNET. Fließgewässer in Hessen. Ein Computerprogramm zur Gewässeruntersuchung*. *Handbuch und Diskette*. Erhältlich über das Schulbiologiezentrum Biedenkopf [www.schubiz.marburg-biedenkopf.de](http://www.schubiz.marburg-biedenkopf.de).



- KERSBERG, H. (1993): *Mensch und Landschaft. Ansätze einer (geo)ökologischen Landschaftsbewertung im Rahmen der Umwelterziehung*. In: SEYBOLD, H. und BOLSCHO D. (Hrsg.): *Umwelterziehung - Bilanz und Perspektiven*. IPN 134. Kiel
- NEUMANN A.; NEUMANN, B. (2003): *Wasserfahrungen. Das ganze Jahr Naturerlebnisse an Bach und Tümpel. Naturführungen, Aktivitäten und Geschichtenbuch*. Ökoptia-Verlag. Münster.
- NOTTBOHM, G. (1994): *Flurnamen und Landschaftsgeschichte. Unterrichts Anregung für die Sekundarstufe I. Unterricht Biologie*. 195:24-32.
- PRAXIS DEUTSCH (1995): *Wasser. Heft 130. Friedrich Verlag. Seelze*.
- SCHARFENBERG, F.J. (1994): *Was krabbelt an der Baumrinde?. Unterricht Biologie*. 199:18-22.
- STASCHEIT, W.; KNEIP, W. (1990). *Wasser erkunden und erfahren. Das Element Wasser für die Klassen 5-7*. Verlag an der Ruhr. Mülheim.
- STASCHEIT, W.; KNEIP, W. (1991). *Wasser erforschen und erfahren. Das Element Wasser für die Klassen 8-10*. Verlag an der Ruhr. Mülheim.
- TECHNIK. ARBEITEN + LERNEN (1995): *WASSERBAU. HEFT 20. FRIEDRICH VERLAG. SEELZE*.
- UNTERRICHT BIOLOGIE (1981): *Fließgewässer. Heft 59. Friedrich Verlag. Seelze*.
- UNTERRICHT BIOLOGIE (1990): *Trinkwasser. Heft 155. Friedrich Verlag. Seelze*.
- UNTERRICHT BIOLOGIE (1994): *Umweltgeschichte. Heft 195. Friedrich Verlag. Seelze*.
- UNTERRICHT BIOLOGIE (1995): *Lebensraum Aue. Heft 203. Friedrich Verlag. Seelze*.
- UNTERRICHT BIOLOGIE (1996): *Binnengewässer. Heft 216. Friedrich Verlag. Seelze*.

#### Bestimmungsbücher

- APEL, J.; WALDRICH, W. (1995): *Tierkartei Fließgewässer. Hrsg. Hessisches Landesinstitut für Pädagogik. Fulda*.  
*Schulgerechte Bestimmungskartei mit ausführlichen Erläuterungen zur Biologie der Tiere*.
- ENGELHARDT, W.(1989): *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher? Kosmos Verlag. Stuttgart*.  
*Klassiker zur Bestimmung von Tieren und Pflanzen an Gewässern*.
- SAUER, F. (1997): *Wasservögel. Steinbachs Naturführer. Mosaik Verlag. München*.  
*Mit Fotos und ausführlichen Angaben zur Biologie der Vögel (Merkmale, Verbreitung, Lebensraum und Lebensweise)*.
- SCHWAB, H. (1995): *Süßwassertiere. Ein ökologisches Bestimmungsbuch. Ernst Klett Verlag. Stuttgart*.  
*Sehr gute Fotos und ausführliche Angaben zur Biologie der Tiere und Kleinstlebewesen (Algen, Einzeller) der Gewässer einschließlich Indikatoreigenschaften*.

#### Visuelle Medien

Zahlreiche Filme, Videos, CD-Roms, Dia- und Folienreihen zum Thema Gewässer können über die Landes-, Kreis- und Stadtbildstellen ausgeliehen werden.



### 1. Gesichter hessischer Fließgewässer

- Bild ① Naturnaher Bach in einer Ortschaft (Foto: P. Thomas)
- Bild ② Bach mit ausgemauertem Trapezprofil (Foto: P. Thomas)
- Bild ③ Vielfältig strukturierter Bach (Foto: T. Schmidt)
- Bild ④ Begradigter Bach (Foto: P. Thomas)
- Bild ⑤ Eutrophierter Fluss (Foto: D. Borchardt)
- Bild ⑥ Mäandrierender Wiesenbach (Foto: Archiv HMULF)

### 2. Gewässernetz in Hessen

(Graphik: BCE, Köln)

### 3. Gewässerstrukturgüte – Wie natürlich ist der Bach?

(Fotos: T. Schmidt)

- Bild ① deutlich verändert/gelb
- Bild ② unverändert/blau
- Bild ③ wenig verändert/grün
- Bild ④ sehr stark verändert/orange
- Bild ⑤ vollständig verändert/rot

### 4. Gewässerbelastungen/Gewässerausbau

- Bild ① Landwirtschaft/Bodenerosion (Foto: T. Schmidt)
- Bild ② Gewässerausbau: Betonkastenprofil (Foto: M. Delpha)
- Bild ③ Abwasserbelastung durch Mischwassereinleitung (Foto: O. Grimm)
- Bild ④ Landwirtschaft/Drainage (Foto: T. Schmidt)
- Bild ⑤ Staustufe – Ökologische Barriere (Foto: W. Waldrich)
- Bild ⑥ Tiefenerosion (Foto: T. Schmidt)

### 5. Beispiel für eine Renaturierung

(Fotos: J. Walter PLF, Kassel)

#### ► M 7.1

- Bild ① (Juni 1998): Unmittelbar nach Abschluss der Renaturierungsmaßnahmen
- Bild ② (März 1998): Zustand vor der Renaturierung
- Bild ③ (April 1998): Nach den Erdarbeiten und Baumaßnahmen
- Bild ④ (September 1998): Einige Monate nach Abschluss aller Renaturierungsmaßnahmen

### 6. Gewässerstrukturgütekarte 1999

(Graphik: BCE, Köln)

### 7. Biologische Gewässergütekarte Hessen 2000

(Graphik: HLUG, Wiesbaden)

### 8. Biologische Gewässergütekarte Hessen 1970

(Graphik: BCE, Köln)

Die Folien sind in die hintere Umschlaginnenseite eingelegt.

## **An der Entstehung dieser Unterrichtsmaterialien haben mitgewirkt:**

### **Erprobung**

Jürgen Apel  
*Herderschule Kassel*

Hans-Werner Beckert  
*Humboldschule, Bad Homburg*

Georg Braun  
*Gymnasium Frankenberg*

Dr. Werner Diesendorf  
*Goetheschule Wetzlar*

Eberhard Driehaus  
*Geschwister-Scholl-Schule, Melsungen*

Heiner Ehls  
*Albert-Schweitzer-Schule, Hofgeismar*

Wolfgang Ellenberger  
*Jakob-Grimm-Schule, Rotenburg*

Dr. Burkhard Lutz  
*Gesamtschule Waldau, Kassel*

Dr. Doris Mück  
*Ökologische Forschungsstation, Niederwerbe*

Dr. Gerd Nottbohm  
*Heinrich Schütz-Schule, Kassel*

Harald Schätzle  
*Wilhelm-Filcher-Schule, Wolfhagen*

Dr. Eberhard Scholl  
*Schulbiologiezentrum Biedenkopf*

Rüdiger Staffell  
*Gustav-Stresemann-Gymnasium, Bad Wildungen*

Bernd Stein  
*Oberwaldschule, Giebenhain*

Dr. Uwe Thias  
*Steinmühle, Marburg*

Ana Viehmann  
*Gesamtschule Fulda*

Werner Waldrich  
*Goetheschule, Kassel*

Egbert Weisheit  
*Studienseminar I für das Lehramt an Gymnasien, Kassel*

### **Durchsicht des Manuskriptes und inhaltliche Hinweise**

Wolfgang Ellenberger  
*Rotenburg*

Wolfgang Lübcke  
*Studienseminar I für das Lehramt an Gymnasien, Kassel*

Michael Korwisi  
*Hessisches Umweltministerium, Wiesbaden, Referat für Öffentlichkeitsarbeit*

Dr. Stephan von Keitz  
*Hessisches Umweltministerium, Wiesbaden*

Reiner Mathar  
*Hessisches Landesinstitut für Pädagogik, Weilburg*

### **Lektor**

Rolf Keßler  
*Hohenstein*

### **Tierabbildungen**

Ein Teil der Tierabbildungen sind entnommen aus BARNTH/ BOHN (1996). Abdruck mit freundlicher Genehmigung des Berliner Instituts für Lehrerfort- und Weiterbildung und Schulentwicklung (BIL).

### **Karten**

Abdruck der Karten auf Seite 80/81 mit freundlicher Genehmigung des HESSISCHEN LANDESVERMESSUNGSAMTES, Wiesbaden.

Bearbeitung der Karten auf Folie 2,6,7,8:  
Ingenieurbüro Björnson  
*Koblenz*

Die Grafik auf Seite 110 wurde erstellt von  
Manuel Costa  
*Atelier Capra, Kassel*

Die Fotodokumentation zur Bewertung der Gewässerstrukturgüte (S. 206-224) wurde von Dipl. Ing. Corina Günter, Institut für Gewässerforschung und Gewässerschutz (IGUG) der Universität Kassel im Rahmen des Projektes „Leitfaden zum Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwassereinleitungen“ im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz erstellt.

### **Allen Beteiligten sei herzlich gedankt!**

Martina Graw, Dietrich Borchardt

## Folie 1

# Gesichter hessischer Fließgewässer

---



①  
*Seemenbach*



②  
*Liederbach*



③  
*Nieste*



④  
*Winkelbach*



⑤  
*Lahn*



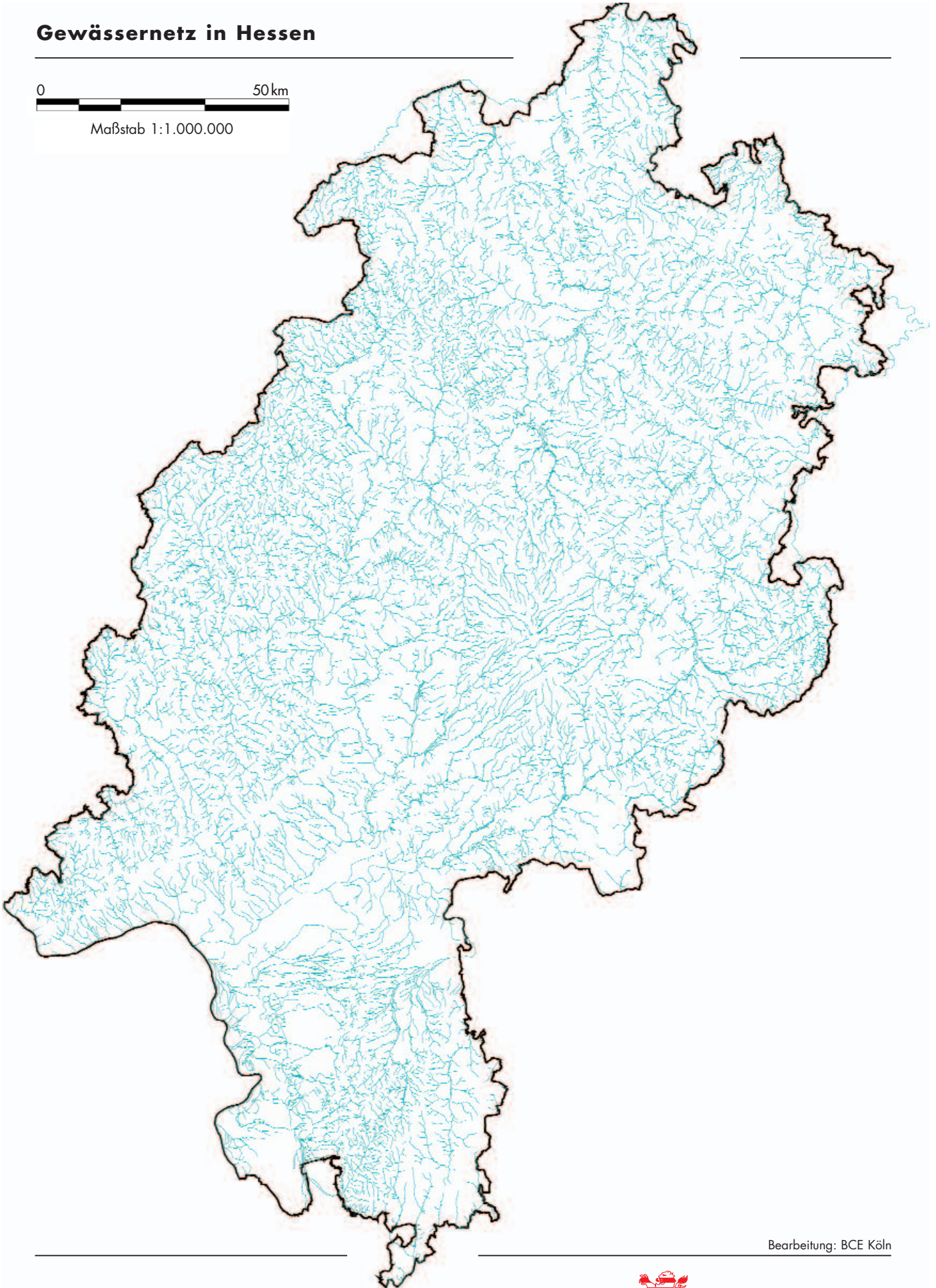
⑥  
*Jossa*



## Gewässernetz in Hessen

0 50 km

Maßstab 1:1.000.000



Bearbeitung: BCE Köln



Ein Bach ist mehr als Wasser ...



HESSISCHES MINISTERIUM  
FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM  
UND VERBRAUCHERSCHUTZ



### Folie 3

## Gewässerstrukturgüte – Wie natürlich ist der Bach?

---



# Folie 4

## Gewässerbelastungen/Gewässerausbau



①  
Losse



②  
Pfielke



③  
Watter



④  
Rotes Wasser



⑤  
Fulda

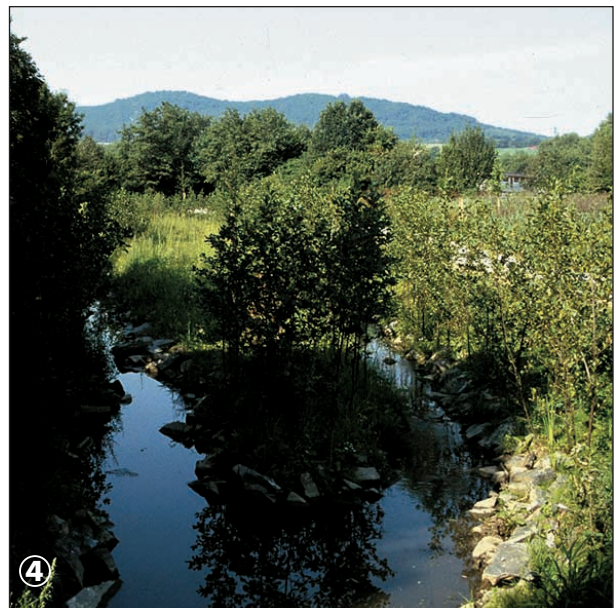


⑥  
Saubach



## Folie 5

### Beispiel für eine Renaturierung



**Aufgabe** *In welchen Schritten und durch welche Maßnahmen wurde der Bach verändert?  
Versucht, die Vorgehensweise bei der Renaturierung zu rekonstruieren.*

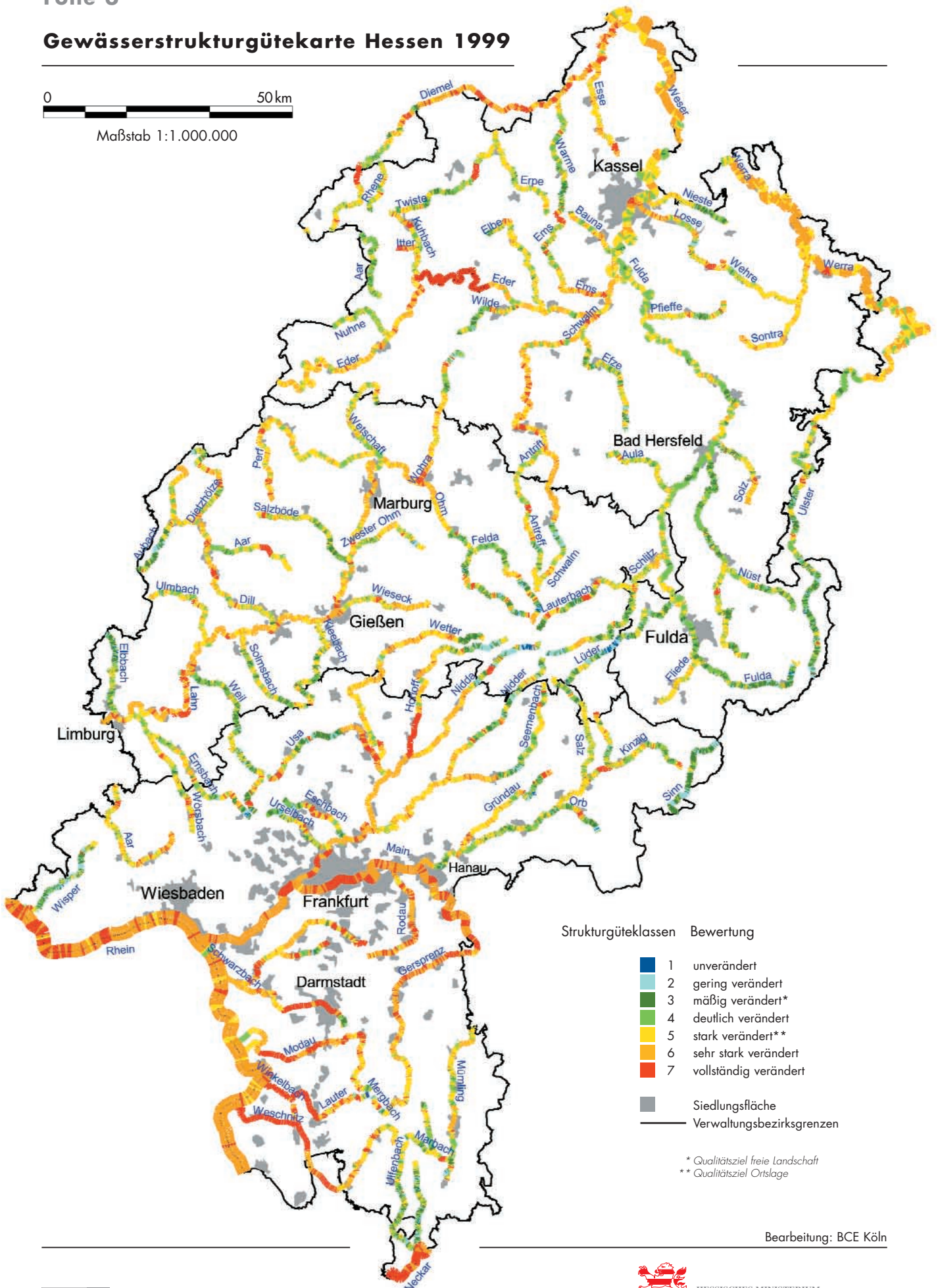


Folie 6

Gewässerstrukturgütekarte Hessen 1999



Maßstab 1:1.000.000



Strukturgüteklassen	Bewertung
1	unverändert
2	gering verändert
3	mäßig verändert*
4	deutlich verändert
5	stark verändert**
6	sehr stark verändert
7	vollständig verändert
■	Siedlungsfläche
—	Verwaltungsbezirksgrenzen

\* Qualitätsziel freie Landschaft  
 \*\* Qualitätsziel Ortslage

Bearbeitung: BCE Köln



Ein Bach ist mehr als Wasser ...

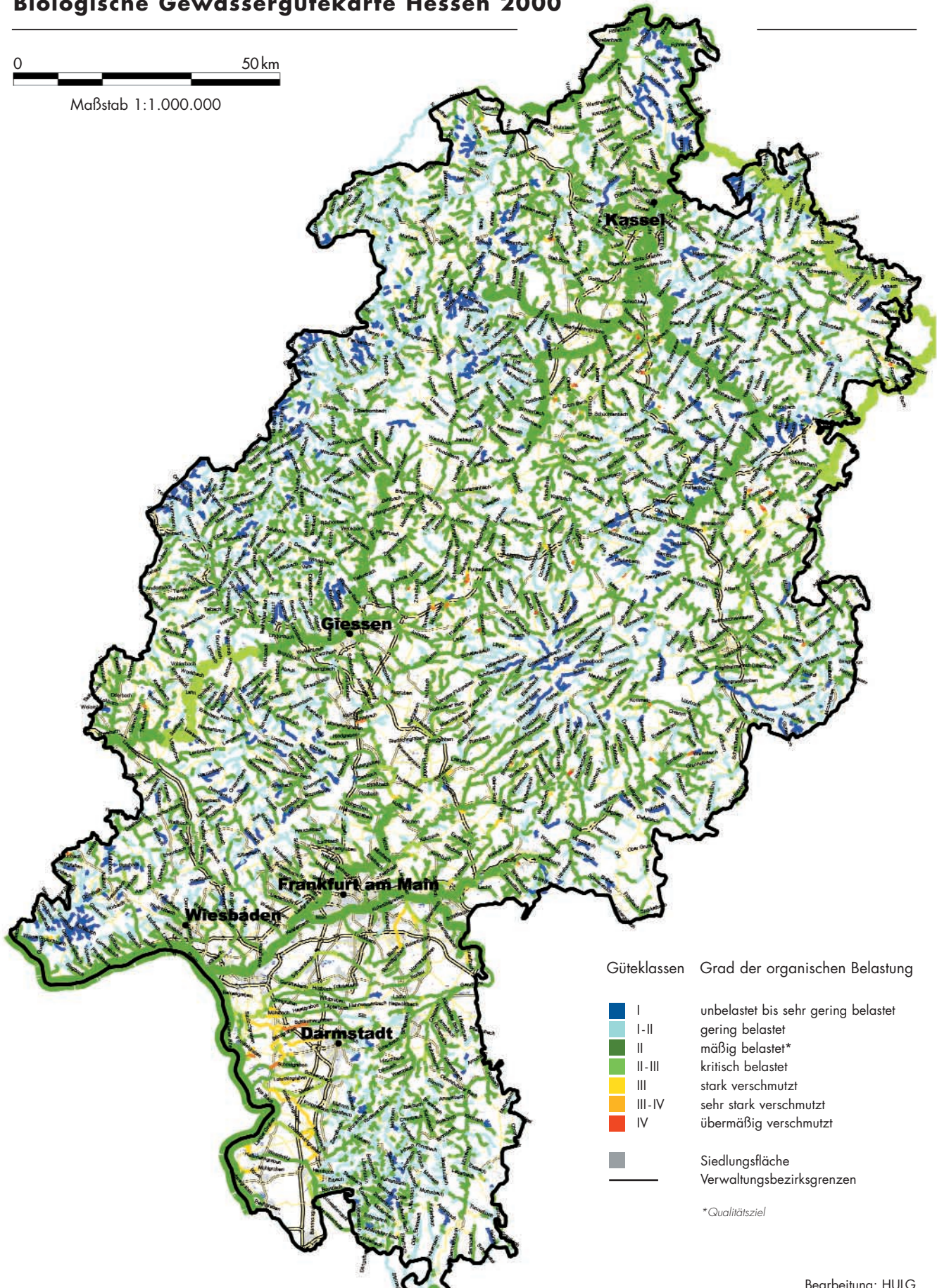


HESSISCHES MINISTERIUM  
 FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM  
 UND VERBRAUCHERSCHUTZ

Biologische Gewässergütekarte Hessen 2000



Maßstab 1:1.000.000



Güteklassen Grad der organischen Belastung

- I unbelastet bis sehr gering belastet
- I-II gering belastet
- II mäßig belastet\*
- II-III kritisch belastet
- III stark verschmutzt
- III-IV sehr stark verschmutzt
- IV übermäßig verschmutzt

■ Siedlungsfläche  
 Verwaltungsbezirksgrenzen

\* Qualitätsziel

Bearbeitung: HULG



Ein Bach ist mehr als Wasser ...

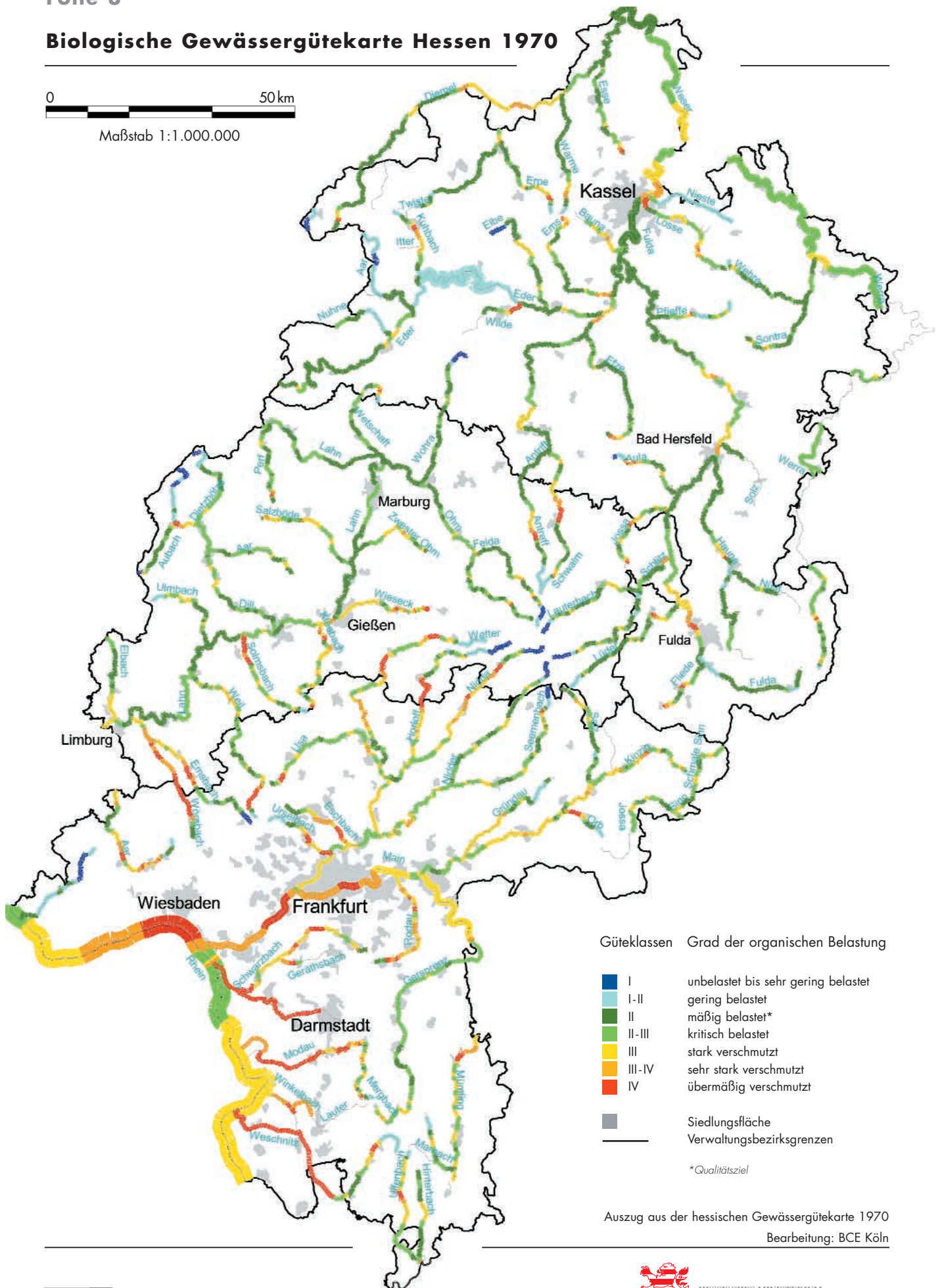


HESSISCHES MINISTERIUM  
 FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM  
 UND VERBRAUCHERSCHUTZ

# Biologische Gewässergütekarte Hessen 1970



Maßstab 1:1.000.000



Güteklassen Grad der organischen Belastung

- I unbelastet bis sehr gering belastet
- I-II gering belastet
- II mäßig belastet\*
- II-III kritisch belastet
- III stark verschmutzt
- III-IV sehr stark verschmutzt
- IV übermäßig verschmutzt

■ Siedlungsfläche  
 — Verwaltungsbezirksgrenzen

\*Qualitätsziel

Auszug aus der hessischen Gewässergütekarte 1970

Bearbeitung: BCE Köln



Ein Bach ist mehr als Wasser ...



HESSISCHES MINISTERIUM  
 FÜR UMWELT, LÄNDLICHEN RAUM  
 UND VERBRAUCHERSCHUTZ