

# Lernort *Gewässer*

## Eine Handreichung für

- den projektorientierten Unterricht in den Jahrgangsstufen 5 – 10
- den Einsatz in Umweltbildungsstätten und in der Umwelterziehung
- den Einsatz bei lokalen Agenda-Gruppen im *Wasserland Bayern*

## Herausgeber



### **Impressum**

*Lernort Gewässer*  
ISBN-Nr. 3-910088-62-7  
München, September 2000

### **Herausgeber**

Bayerisches Staatsministerium für  
Landesentwicklung und Umweltfragen  
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München

Staatsinstitut für Schulpädagogik  
und Bildungsforschung  
Arabellastraße 1, 81925 München

### **Bearbeitung**

Die Handreichung wurde von einer Arbeitsgruppe  
erarbeitet. Die Mitglieder:  
IR Rüdiger Wieber, ISB (Leitung)  
StD Thomas Schäfer, ISB (Leitung)  
ORR Thomas Henschel, Wasserwirtschaftsamt München

TARin Gabriele Merz, Bayerisches Staatsministerium  
für Landesentwicklung und Umweltfragen

RD Dr. Wolf-Dieter Sanzin, Bayerisches Landesamt  
für Wasserwirtschaft

RD Dr. Hans-Jürgen Seibold, Regierung der Oberpfalz

KR Hans Dieter Bauer, Hauptschule Aschaffenburg  
KR Helmut Lallinger, Hauptschule Untergriesbach/  
Niederbayern

SR Udo Hampl, Realschule Pfaffenhofen a. d. Ilm  
RSLin Gabriele Brantl, Realschule Lauf a. d. Pegnitz  
ZWRSK Dieter Brückner, Realschule Coburg II

OStR Bertram Heininger, Gymnasium Miesbach  
STD Peter Renoth, Gymnasium Landshut

### **Grafische Gestaltung und Produktion**

Stephan Riedlberger, Rudolf Diet, München, Mitarbeit: Ludwig Otto

### **Bildnachweis**

*Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (LFW), München:*  
S. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 38, 61, 65, 87 o., 87 u., 124, 125, 129, 131, 132,  
188; *Herausgeber der Handreichung, München:* S. 8, 30, 31, 32,  
33, 35, 36, 37, 41, 52, 60, 63, 73, 74, 81, 83, 88, 89 o, 89 u (LFW, ver-  
ändert), 110, 115, 122 (LFW, verändert), 130 (LFW, verändert), 133 (LFW,  
verändert), 135, 146, 152, 154, 155, 157, 161 (LFW, verändert), 165  
(ISB, verändert); *Ursula Zeidler, München:* S. 9, 11, 28, 29, 34, 45, 67,  
103, 104, 106, 107, 168; *Bayerische Landes Zahnärztekammer,  
München/Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen:* S. 96; *Bayerisches  
Landesvermessungsamt, München:* S. 51; *Bundesministerium für  
Umwelt- und Reaktorsicherheit (BMU), Berlin/Imago 87 GmbH,  
Freising:* S. 92, verändert; *Wasserwirtschaftsamt (WWA) München:*  
S. 13, 14; *WWA Freising:* S. 39, 40, 57, 58, 85, 86, 119, 120, 163, 164;  
181, 182; *WWA Rosenheim:* S. 126; *Regierung der Oberpfalz, Regens-  
burg:* S. 148.

### **Druck**

Rother Druck GmbH, München

### **Bezug**

Wasserwirtschaftsamt Deggendorf  
Bestellservice  
Postfach 2061  
94460 Deggendorf  
Tel.: 09 91/25 04-180  
E-Mail: info@wwa-deg.bayern.de

### **Auflage**

5.000

***Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit  
Angabe des Herausgebers***

## Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe Leserin, lieber Leser,

*Wasser ist Leben.* Sauberes und gesundes Wasser ist ein unentbehrliches Gut. Wasser ist aber auch ein Schatz, der uns miteinander verbindet: Wie die Adern im Körper durchziehen Bäche und Flüsse das Wasserland Bayern. Unser Land hat mehr als 60.000 Kilometer kleinerer Bäche und 12.000 Kilometer Wildbäche. Damit entfällt rechnerisch auf jeden Quadratkilometer der bayerischen Landesfläche ein Kilometer Bachlänge! Mehr als 100 natürliche Seen sind als „Perlen in der Landschaft“ ökologisch wie auch für die Freizeit- und Erholungsnutzung besonders wertvoll. 23 staatliche und über hundert private Wasserspeicher sowie mehrere hundert künstlich geschaffene Seen sind mit ihrem Umland eng verzahnt. Die Wasserflächen der vielen kleinen Teiche in Bayern sind zusammen mehr als viermal so groß wie der Ammersee!

Diesen Schatz gilt es in seiner ökologischen Qualität zu bewahren und für die kommenden Generationen zu erhalten. Dabei genügt es nicht, den Schutz der Umwelt gesetzlich zu verordnen. Die Ziele einer nachhaltigen Umweltpolitik müssen vielmehr im Bewusstsein der Öffentlichkeit verankert sein. Bildung ist dazu eine unerlässliche Voraussetzung für den richtigen Umgang mit unserer Natur und die Fähigkeit, sich mit Umwelt- und Entwicklungsfragen auseinander zu setzen. Der Freistaat Bayern hat deshalb bereits 1976 fächerübergreifende Leit- und Richtziele für die schulische Umwelterziehung in den Lehrplänen verankert, die 1990 in den Erlass der *Richtlinien für die Umwelterziehung* an den bayerischen Schulen mündeten.

Unser Wissen über die immer komplexer werdenden ökologischen Zusammenhänge muss ständig erweitert werden. Sachinformationen bleiben aber folgenlos, wenn sie ohne emotionale Verankerung angeboten werden: Nur was wir kennen und schätzen, können wir auch schützen! Umweltbildung zielt heute deshalb mehr denn je darauf ab, die Trennung von Lernen und Handeln zu überwinden. Schulen werden dabei zum Tätigkeitsfeld für aktives und praxisnahes ökologisches Lernen. Projektunterricht dient der Verwirklichung dieser Zielsetzung in idealer Weise und fördert das fächerübergreifende Lernen mit einem hohen Anteil an Eigenaktivität der Schüler.

A

B

C

D

E

F

G

A

B

C

D

E

F

G

Die vorliegende Handreichung will dazu einen Beitrag leisten. Sie ist hervorgegangen aus der fruchtbaren Zusammenarbeit von Wasserexperten der bayerischen Umweltverwaltung, von Praktikern der unterschiedlichen Schularten und von Fachleuten des Staatsinstituts für Schulpädagogik und Bildungsforschung. Sie ist konzipiert für den Einsatz in den Haupt- und Realschulen, kann aber auch für Gymnasien in der Sekundarstufe 1 gewinnbringend sein. Einsatzmöglichkeiten ergeben sich weiter bei außerschulischen Bildungseinrichtungen (zum Beispiel Umweltstationen) und in der kommunalen Umweltsarbeit mit Jugendlichen (zum Beispiel bei Agenda-Gruppen).

Der modulare Aufbau mit jeweils interessanten Sachinformationen und unmittelbar für den Unterricht verwertbaren Fallbeispielen zu bayerischen Gewässern sowie eine Fülle ausgearbeiteter und praxiserprobter Arbeitsblätter ermöglichen es, je nach Fragestellung, unterrichtlichem Kontext und zur Verfügung stehender Zeit auszuwählen. Das gesamte Werk wird in Kürze auch im Internet unter der Adresse <http://www.bayern.de/lfw> im Themenbereich „Umweltbildung“ zur Verfügung stehen.

Wir danken allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die an der Erstellung der Handreichung mitgewirkt haben. Sie, liebe Leserinnen und Leser, möchten wir ausdrücklich ermuntern, davon vielfältigen Gebrauch zu machen. Wir wünschen uns, dass die vorliegende Handreichung Sie in Ihrem Unterricht, bei Projekten, bei Kursen und Exkursionen wirkungsvoll unterstützt!

Bayerisches Staatsministerium  
für Landesentwicklung und Umweltfragen



Dr. Werner Schnappauf  
Staatsminister

Bayerisches Staatsministerium  
für Unterricht und Kultus



Monika Hohlmeier  
Staatsministerin

# Inhalt

Modul	Nr.	Inhalt	Seite
		Impressum	2
		Vorwort	3
		Inhalt	5
		Einleitung	8
		Verzeichnis der Abbildungen in den Sachinformationsteilen	10
		Verzeichnis der Tabellen in den Sachinformationsteilen	11
		Verzeichnis der Arbeitsblätter	12
<b>A</b>		<b>Der Wasserkreislauf</b>	<b>13</b>
	1	Sachinformationen	14
	1.1	Die Wasserbilanz	14
	1.2	Niederschlag	15
	1.3	Abfluss	16
	1.4	Verdunstung	19
	1.5	Das nutzbare Grundwasser	19
	1.6	Abflussverhältnisse in Bayern	22
	1.7	Konsequenzen für die Wasserwirtschaft	23
	1.8	Literatur	23
	2	Schüleraktivitäten	25
	2.1	Schwerpunktfächer	25
	2.2	Ausweitung	25
		Lösungen zu den Arbeitsblättern	26
		Arbeitsblätter AA1 – AA11	27
	Overheadfolie	Wasserbilanz Bayern	38
	Landkarten	Niederschlags-, Abfluss- und Verdunstungskarte Bayerns	
<b>B</b>		<b>Das Einzugsgebiet eines Fließgewässers</b>	<b>39</b>
	1	Sachinformationen	40
	1.1	Definition: Einzugsgebiet	41
	1.2	Der Einfluss des Einzugsgebiets auf das Gewässer	41
	1.2.1	Einwirkung natürlicher Faktoren	42
	1.2.2	Anthropogene Faktoren	42
	1.3	Schutz der Gewässer vor flächenhaften anthropogenen Belastungen	43
	1.3.1	Nährsalzbelastung der Fließgewässer	43
	1.3.2	Belastung durch Luftschadstoffe	44
	1.3.3	Grundwasserverunreinigung und wassergefährdende Stoffe	44
	1.4	Literatur	45
	2	Schüleraktivitäten	47
	2.1	Schwerpunktfächer	47
	2.2	Ausweitung	47
		Arbeitsblätter BA1 – BA2	49

A

B

C

D

E

F

G

A	<b>C</b>	<b>Beschreibung eines Fließgewässers</b>	<b>57</b>
	1	Sachinformationen	58
	1.1	Einteilung der Fließgewässer und Gewässerunterhaltung	58
	1.2	Der Abfluss, eine wichtige wasserwirtschaftliche Größe	59
	1.3	Hochwasser	62
	1.4	Eingriffe in Fließgewässer	64
	1.5	Gewässerrenaturierung	66
	1.6	Literatur	66
	2	Schüleraktivitäten	69
	2.1	Beiträge zu den Unterrichtsfächern	69
	2.2	Ausweitung	69
	2.3	Didaktische Vorüberlegungen	69
		Arbeitsblätter CA <sub>1</sub> – CA <sub>7</sub>	73
	Overheadfolie	Verlängerung der Laufentwicklung	84
	Landkarte	Überblick über das staatliche Pegelnetz in Bayern	
B			
C			
D	<b>D</b>	<b>Gewässernutzungen</b>	<b>85</b>
	1	Sachinformationen	86
	1.1	Die öffentliche Trinkwasserversorgung in Bayern	86
	1.1.1	Wasserschutzgebiete	87
	1.1.2	Die technischen Einrichtungen zur öffentlichen Trinkwassergewinnung	88
	1.2	Die Abwasserbeseitigung	91
	1.3	Energiegewinnung	97
	1.4	Fischerei	97
	1.5	Wärmenutzung und Wärmebelastung	98
	1.6	Schifffahrt	98
	1.7	Literatur	98
	2	Schüleraktivitäten	101
	2.1	Beiträge zu den Unterrichtsfächern	101
	2.2	Ausweitung	101
		Lösungen zu den Arbeitsmaterialien	102
		Arbeitsblätter DA <sub>1</sub> – DA <sub>11</sub>	103
	Overheadfolien	Wasserschutzzonen	117
		Schematischer Überblick einer modernen Kläranlage	118
E			
F			
G	<b>E</b>	<b>Bewertung der Gewässergüte</b>	<b>119</b>
	1	Sachinformationen	120
	1.1	Historischer Rückblick	120
	1.2	Biologische Gewässergütebestimmung	121
	1.2.1	Das Prinzip der Bioindikation	121
	1.2.2	Durchführung der Gewässergütebestimmung	123
	1.2.3	Gewässergütekarten in Bayern	123
	1.2.4	Gewässergüteverhältnisse an den bayerischen Hauptgewässern	124
	1.2.5	Wie werden die Ergebnisse umgesetzt und verwertet?	127
	1.3	Bestimmung der physikalisch-chemischen Wasserqualität	127
	1.3.1	Vergleich biologischer und chemischer Methoden	128
	1.3.2	Einflussgrößen bei chemischen Messungen	128
	1.3.3	Staatliche Messnetze zur Zustandsbewertung von Flüssen	129

1.4	Bewertung von Seen	130	A	
1.4.1	Wasserpflanzen im Uferbereich	132		
1.4.2	Kieselalgen in den Sedimentablagerungen	134		
1.5	Weitere Methoden zur Bewertung von Fließgewässern	134		
1.5.1	Fischsterbenstatistik der Wasserwirtschaftsverwaltung	134		
1.5.2	Güteklasse II und trotzdem keine Badegewässerqualität?	136		
1.5.3	Nährsalze in Fließgewässern	136		
1.5.4	Gewässerversauerung	137		
1.5.5	Gewässerstrukturbewertung und Gewässerpflegepläne	137		
1.5.6	Neue Entwicklungen in der Umweltanalytik	138		
1.6	Literatur	140	B	
2	Schüleraktivitäten	143		
2.1	Beiträge zu den Unterrichtsfächern	143		
2.2	Ausweitung	143		
2.3	Didaktische Vorüberlegungen	143		
2.3.1	Biologische Gewässergütebestimmung	143		
2.3.2	Chemische Messungen	144		
2.3.3	Untersuchung von Seen	145		
	Lösungen zu den Arbeitsblättern	146		
	Arbeitsblätter EA <sub>1</sub> – EA <sub>9</sub>	147		
Overheadfolien	Der Verlauf der Selbstreinigung und die Gewässergüteklassen	158	D	
	Gewässergütekarte Bayerns 1998	159		
	Gewässergütekarte Bayerns 1973	160		
	Bewertung der großen bayerischen Seen	161		
	Die Bewertung von Seen nach zusätzlichen Kriterien	162		
<b>F</b>	<b>Anregungen für die Projektarbeit</b>	<b>163</b>	E	
1	Sachinformationen	164		
1.1	Didaktische Grundlagen	164		
1.1.1	Grundmuster eines Projektablaufs	165		
1.1.2	Fixpunkte und Reflexionsphasen	167		
1.2	Planungsbeispiele für Wasserprojekte	168		
1.2.1	Schulprojekt Wasserparcours	168		
1.2.2	GREEN-Camp	169		
1.2.3	Schullandheimaufenthalt mit dem Schwerpunkt „Projekt Kleingewässer“	171		
1.3	Literatur	173		
2	Schüleraktivitäten	175	F	
	Arbeitsblätter FA <sub>1</sub> – FA <sub>4</sub>	177		
<b>G</b>	<b>Das Service-Modul</b>	<b>181</b>		G
1	Ansprechpartner	182		
2	Wer kann bei welchen Fragen helfen und beraten?	183		
3	Ansprechpartner für Wasserfragen allgemein	184		
4	Die bayerische Umweltverwaltung im Überblick	185		
5	Bachpatenschaften	186		
	Stichwortverzeichnis der Sachinformationen und Schüleraktivitäten aller Module	189		

# A Einleitung

B

Die Handreichung „Lernort Fließgewässer“ ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit von Fachleuten der Bayerischen Umweltverwaltung, von Praktikern aller Schularten und dem Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung. An der fachlichen Ausarbeitung haben Vertreter des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen, des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft, der Regierungen und der Wasserwirtschaftsämter mitgewirkt.

C

- Weitere Einsatzbereiche** ergeben sich für
- gemeindliche Umweltaktivitäten, zum Beispiel Agenda-Gruppen,
  - die Arbeit mit Jugendlichen in Umweltsationen,
  - die Arbeit mit Jugendlichen in Naturschutzverbänden und Bildungsträgern.

D

## 1. Einsatzbereiche

Die Handreichung ist für den projektorientierten und fächerübergreifenden Unterricht in den Haupt-, Realschulen und Gymnasien in den Jahrgangsstufen 5 bis 10 konzipiert. Sie liefert Beiträge zu den Unterrichtsfächern Chemie, Biologie und Erdkunde, aber auch zu den Fächern Mathematik, Physik, Sozialkunde und Deutsch.

## 2. Unterrichtsformen

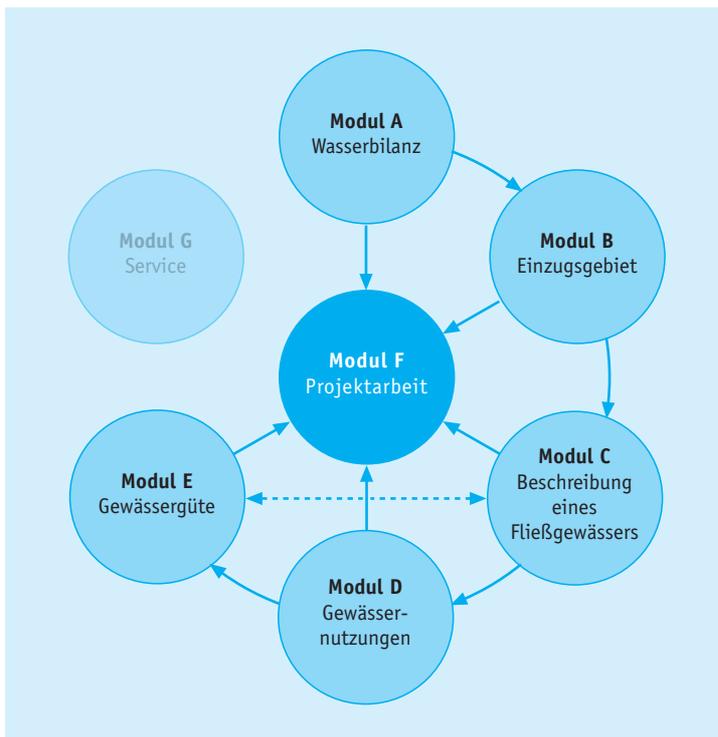
Die Handreichung kann bevorzugt im fächerübergreifenden Projektunterricht eingesetzt werden.

E

- Weitere Einsatzarten** ergeben sich für
- Projekttag,
  - Unterrichtsgänge,
  - Schullandheimaufenthalte,
  - neue Kurse, zum Beispiel im Fach Natur und Technik der gymnasialen Unterstufe,
  - Wahlkurse, zum Beispiel Ökologie und Umwelt,
  - die Vorbereitung und Durchführung des Unterrichts in den genannten Schularten.

F

G



## 3. Aufbau der Handreichung

Die Handreichung ist modular aufgebaut. Jedes Modul kann separat eingesetzt werden und ist in sich abgeschlossen. Querverweise sichern die Verknüpfung zwischen den einzelnen Modulen, ein Modul „Projektarbeit“ integriert die einzelnen Ansätze.

Die Abfolge der Module ist nach sachlogischen Gesichtspunkten vorgenommen, wie die nebenstehende Abbildung verdeutlicht.

Das „**Service-Modul G**“ enthält Verzeichnisse, Ansprechpartner und Adressen zur gezielten Unterrichtsvorbereitung oder Einbeziehung im Rahmen des laufenden Unterrichts.

## 4. Aufbau der Module

Jedes Modul ist nach dem folgenden Muster gegliedert:

### Sachinformationsteil mit

- unterrichtsverwertbaren Hintergrundinformationen
- Tabellen und Abbildungen
- Fallbeispielen mit Schwerpunkt bayerischer Gewässer
- einem gegliederten Literaturverzeichnis

### Teil für Schüleraktivitäten mit

- z. T. didaktischen Vorüberlegungen zum Themenkomplex
- Beiträgen zu den Unterrichtsfächern
- Arbeitsblättern
- Auswertungs- und Bewertungshilfen
- Lösungsblättern

Mehrere Module enthalten zusätzlich

- einen **Kartenteil** mit Flächenkarten zur Regionalisierbarkeit
- einen **Folienteil** mit Farbfolien

Der Anwendungsbereich der Arbeitsblätter ist bei den didaktischen Vorüberlegungen erläutert, eine Zuordnung der einzelnen Arbeitsblätter zu Jahrgangsstufen und Schularten wurde deshalb nicht vorgenommen.

## 5. Konzeption der Handreichung

Die Lehrerhandreichung *Lernort Gewässer* unterstützt fächerübergreifendes und projektorientiertes Arbeiten mit einem starken Anteil gelenkter Schülerselbsttätigkeit durch

- Sachinformationen mit Schwerpunkt bei bayerischen Gewässern,
- regionalisierbare Ansätze,
- übertragbare Fallbeispiele,
- schularten- und altersstufengerechte Arbeitsblätter,
- detaillierte Listen zum Materialbedarf,
- eindeutige Arbeitsaufträge,
- Auswertungs- und Bewertungshilfen für sämtliche Messergebnisse,
- Lösungsmuster für Aufgaben,
- Querverweise zwischen den Bausteinen.

## 6. Adressatenkreis der Handreichung

Wir bitten, die Handreichung den Lehrkräften und Fachkolleginnen und Fachkollegen der folgenden Fachrichtungen zur Kenntnis zu geben:

- Biologie
- Chemie
- Erdkunde
- Mathematik
- Physik
- Sozialkunde
- Deutsch

## 7. Service

### 7.1. Bezug der Handreichung

Zusätzliche Exemplare können zum Preis von 40,- DM zuzüglich Versandkosten bestellt werden werden.

#### Bestell-Adresse

Wasserwirtschaftsamt Deggendorf  
Bestellservice  
Postfach 2061  
94460 Deggendorf  
Tel.: 09 91/25 04-180  
E-Mail: info@wwa-deg.bayern.de

### 7.2. Bezug über das Internet

Das gesamte Werk steht Ihnen in Kürze auch im Internet zur Verfügung. Download unter: <http://www.bayern.de/lfw> im Themenbereich „Umweltbildung“

### 7.3. Internetadressen zum Lernort Gewässer

Eine Liste interessanter Links finden Sie unter <http://www.bayern.de/lfw> im Themenbereich „Umweltbildung“

**Ihre Meinung ist uns wichtig!**

Bitte berichten Sie uns über Ihre Anwendungserfahrungen mit der Handreichung und verwenden Sie dazu den beiliegenden **Fragebogen** oder fordern Sie den Fragebogen beim **ISB an!**



A

B

C

D

E

F

G

# A Verzeichnis der **Abbildungen** in den Sachinformationsteilen

B

	Abb.	Thema	Seite
	<b>Abb. A1</b>	Wasserbilanz Bayern	16
<b>Folie</b>	<b>Abb. A2</b>	Niederschlagskarte Bayerns	17
<b>Karte</b>	<b>Abb. A3</b>	Abflusskarte Bayerns	18
<b>Karte</b>	<b>Abb. A4</b>	Verdunstungskarte Bayerns	19
	<b>Abb. A5</b>	Vorherrschende Grundwasserleiter in Bayern	20
	<b>Abb. A6</b>	Grundwasserneubildungskarte Bayerns	21
	<b>Abb. B1</b>	Einflussgrößen auf das Einzugsgebiet eines Fließgewässers	41
	<b>Abb. C1</b>	Vergleich der Abflussregime zweier Flüsse	60
<b>Karte</b>	<b>Abb. C2</b>	Überblick über das staatliche Pegelnetz in Bayern	61
	<b>Abb. C3</b>	Ablauf von Hochwasserereignissen im Vergleich	63
<b>Folie</b>	<b>Abb. C4</b>	Verlängerung der Laufentwicklung durch Verzweigung	65
	<b>Abb. D1</b>	Wasserschutzzonen	87
<b>Folie</b>	<b>Abb. D2</b>	Hinweistafel zur Kennzeichnung von Wasserschutzgebieten	87
	<b>Abb. D3</b>	Schematische Darstellung einer öffentlichen Trinkwasserversorgung	88
	<b>Abb. D4</b>	Nutzung einer Schichtquelle zur Trinkwasserversorgung	89
	<b>Abb. D5</b>	Ausbauschema eines Bohrbrunnens	89
<b>Folie</b>	<b>Abb. D6</b>	Schematischer Überblick einer modernen Kläranlage	92
	<b>Abb. D7</b>	Gewerbliche Abwasseranlage: Amalgamabscheider in Zahnarztpraxen	96
<b>Folie</b>	<b>Abb. E1</b>	Verlauf der Selbstreinigung und Gewässergüteklassen	122
<b>Folie</b>	<b>Abb. E2</b>	Gewässergütekarte Bayern, Stand 1998	124
<b>Folie</b>	<b>Abb. E3</b>	Gewässergütekarte Bayern, Stand 1973	125
	<b>Abb. E4</b>	Gewässergütekarte eines Wasserwirtschaftsamtes	126
	<b>Abb. E5</b>	Übersichtskarte der Hauptmessstellen Fließgewässer in Bayern	129
	<b>Abb. E6</b>	Langzeitentwicklung der Phosphorgehalte (Auswertungsbeispiel Main)	130
<b>Folie</b>	<b>Abb. E7</b>	Kriterien der Seenbewertung	131
	<b>Abb. E8</b>	Bewertung der großen bayerischen Seen in einer Ergebnisübersicht	132
<b>Folie</b>	<b>Abb. E9</b>	Bewertung von Seen nach zusätzlichen Kriterien	133
	<b>Abb. E10</b>	Entwicklung von Bewertungsverfahren für Fließgewässer und Seen	135
	<b>Abb. F1</b>	Aspekte projektorientierten Lernens	165
	<b>Abb. G1</b>	Mustervertrag für eine Bachpatenschaft	187
	<b>Abb. G2</b>	Übersichtskarte der Dienstbezirke der Wasserwirtschaftsämter	188

C

D

E

F

G

**Folie** Diese Abbildung finden Sie zusätzlich als Overhead-Folie im **► Folienteil** des Moduls.

**Karte** Diese Abbildung finden Sie zusätzlich als Karte im A3-Format im **► Kartenteil** des Moduls.

## Verzeichnis der Tabellen in den Sachinformationsteilen

Tab.	Thema	Seite
<b>Tab. A1</b>	Wasserbilanzen in Einzugsgebieten	15
<b>Tab. A2</b>	Kenndaten der wichtigsten Flussgebiete Bayerns	22
<b>Tab. B1</b>	Stickstoff- und Phosphoreinträge in Fließgewässer in Deutschland	44
<b>Tab. C1</b>	Grobeinteilung der Fließgewässer	59
<b>Tab. C2</b>	Unterhaltsverpflichtungen für Fließgewässer	59
<b>Tab. C3</b>	Praktische Bedeutung der Abflussdaten	62
<b>Tab. C4</b>	Strukturelemente des technischen Gewässerausbaus	64
<b>Tab. C5</b>	Auswirkungen technischer Maßnahmen des Gewässerausbaus	66
<b>Tab. D1</b>	Wichtige Grundwassertypen in Bayern	90
<b>Tab. D2</b>	Wichtige Trinkwasseraufbereitungsverfahren	91
<b>Tab. E1</b>	Vergleich biologischer und chemischer Methoden der Gewässerzustandsbeschreibung von Fließgewässern	128
<b>Tab. E2</b>	Auswirkungen wesentlicher chemischer Messgrößen auf die Wasserqualität der Fließgewässer	128
<b>Tab. E3</b>	Umfang der staatlichen Messprogramme an Fließgewässern	130
<b>Tab. E4</b>	Fischsterbenstatistik Bayerns für 1998	134
<b>Tab. E5</b>	Umweltbedeutsame Stoffe und ihre Einsatzbereiche	138
<b>Tab. F1</b>	Wochenplan für einen Schullandheimaufenthalt	172
<b>Tab. G1</b>	Auf die Module der Handreichung bezogene Ansprechpartner	183
<b>Tab. G2</b>	Leitfaden für Ansprechpartner bei häufigen Fragen rund ums Wasser	184

*Die Handreichung Lernort Gewässer  
unterstützt fächerübergreifendes und projekt-  
orientiertes Arbeiten mit einem starken  
Anteil gelenkter Schülerelbsttätigkeit!*



A

B

C

D

E

F

G

## A Verzeichnis der Arbeitsblätter

	Nr.	Thema (* zusätzlich mit Auswertungshilfen und/oder Bewertungshilfen für Lehrer oder Schüler)	Art des Arbeitsblattes	Seite
B	AA1	Rätsel!	Text	27
	AA2	Wasser kann man auch in Worte kleiden!	Text	28
	AA3	Gedicht „Das Wasser“ von James Krüss	Text-/Gestaltung	29
	AA4	Regenwasser ist überall gleich – oder?	Experiment	30
	AA5	Der Weg des Wassers	Text	31
	AA6	Modell „Wasserkreislauf“	Experiment	32
	AA7	Niederschlagsmessung	Experiment	33
	AA8	Der Verdunstungsvorgang	Experiment	34
	AA9	Bestimmung der Verdunstung bei Pflanzen	Experiment	35
	AA10	Das Wasserspeichervermögen verschiedener Bodenarten I	Experiment	36
	AA11	Das Wasserspeichervermögen verschiedener Bodenarten II	Experiment	37
	BA1	Ermittlung der Fläche eines Gewässereinzugsgebietes*	Kartenarbeit	49
	BA2	Eingriffe des Menschen prägen das Einzugsgebiet eines Gewässers	Erhebungsbogen	53
C	CA1	Bestimmung des Querprofils eines Fließgewässers*	Anleitung	73
	CA2	Bestimmung von Strömung und Abfluss	Anleitung	74
	CA3	Beschreibung eines Fließgewässers – Bett, Ufer, Aue*	Erhebungsbogen	75
	CA4	Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers *	Erhebungsbogen	78
	CA5	Bestimmung von Überschwemmungsflächen*	Anleitung	81
	CA6	Gewässerbeschreibungen im Vergleich	Text	82
	CA7	Orientierungslauf am Fließgewässer	Anleitung für Lehrer	83
D	DA1	Bestimmung des Wasserverbrauchs im Haushalt*	Anleitung	103
	DA2	Datenblatt zur Bestimmung des Wasserverbrauchs in deiner Familie	Erhebungsbogen	105
	DA3	Bist du ein guter Wassersparer?	Text	107
	DA4	Nutzungen am Fließgewässer	Erhebungsbogen	108
	DA5	Auswirkungen der Nutzungen auf das Fließgewässer	Ausschneidebogen	109
	DA6	Arbeits erleichterung für die Kläranlage – Jeder kann mithelfen!	Text	110
	DA7	Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 1	Erhebungsbogen	111
	DA8	Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 2	Erhebungsbogen	112
	DA9	Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 3	Erhebungsbogen	113
	DA10	Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 4	Erhebungsbogen	114
	DA11	Ausschneidebogen: Modell einer Kläranlage	Ausschneidebogen	115
E	EA1	Gewässergütebestimmung mit Zeigerorganismen	Anleitung	147
	EA2	Bestimmungshilfe für Zeigerorganismen der Gewässergüte	Bestimmungshilfe	148
	EA3	Langzeit-Bewertung eines Altwassers	Anleitung	150
	EA4	Temperatur und Sauerstoffgehalt eines Gewässers*	Anleitung	152
	EA5	Chemische Untersuchung von Wasserproben eines Gewässers*	Anleitung	153
	EA6	Wie klar ist der See?*	Anleitung	154
	EA7	Basteln eines Schöpfgeräts (Meyersche Schöpfflasche)	Anleitung	155
	EA8	Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen in einem See	Experiment	156
	EA9	Modellversuche zur Temperaturschichtung und Wasserzirkulation in Seen	Experiment	157
F	FA1	Umfrage zur Gewässerqualität	Anleitung	177
	FA2	Fragebogen für Bewohner am Gewässer	Erhebungsbogen	178
	FA3	Planspiel einer Gemeinderatssitzung	Anleitung	179
	FA4	Was kann jeder Einzelne zum Schutz der Gewässer tun?	Text	180

Lernort *Gewässer*

## Der Wasserkreislauf



### 1 *Sachinformationen*

1.1	Die Wasserbilanz	14
1.2	Niederschlag	15
1.3	Abfluss	16
1.4	Verdunstung	19
1.5	Das nutzbare Grundwasser	19
1.6	Abflussverhältnisse in Bayern	22
1.7	Konsequenzen für die Wasserwirtschaft	23
1.8	Literatur	23



## 1 Sachinformationen

Die Gewässer und das Wasser im Allgemeinen werden von den Menschen schon immer auf vielfältige Weise genutzt – als Lebensmittel, zum Waschen und Spülen, für die Bewässerung, als Nahrungslieferant, zu Kühlzwecken, zu Energieerzeugung, als Transportweg und zu Freizeit- und Erholungszwecken – um nur einige der Nutzungsmöglichkeiten des Wassers zu nennen (► Modul D). Diese vielfältigen Nutzungsanforderungen an das Wasser und die Gewässer können nur dann miteinander in Einklang gebracht werden, wenn die zur Verfügung stehende Ressource Wasser im Sinne der Agenda 21 nachhaltig bewirtschaftet wird; denn nicht alles Wasser, das sich im Wasserkreislauf bewegt, steht für eine Nutzung zur Verfügung: nur 2,6 Prozent des auf der Erde vorhandenen Wassers sind als Süßwasser und nur 0,3 Prozent sind als Trinkwasser nutzbar.

Bayern speziell

Die folgenden Abschnitte zeigen am Beispiel der wasserwirtschaftlichen Gegebenheiten in Bayern,

- wie der Wasserkreislauf analysiert und bilanziert wird,
- welche Bedeutung die einzelnen Faktoren der Wasserbilanz haben,
- welche Faktoren auf die Grundwasserneubildung Einfluss nehmen,

- welche Konsequenzen sich hieraus für die wichtigsten bayerischen Flüsse ergeben,
- welche technischen Maßnahmen für einen Ausgleich geschaffen wurden.

### 1.1 Die Wasserbilanz

Das gesamte Wasser bewegt sich in einem ständigen Kreislauf von Verdunstung, Kondensation, Niederschlag, Abfluss und erneuter Verdunstung. Um diesen Kreislauf näher zu analysieren, bedient man sich der Methode der Bilanzierung:

Eine (hydrologische) Wasserbilanz kann für jedes beliebige Gebiet aufgestellt werden.

#### Einnahmeseite:

- Niederschlag,
- Zuflüsse aus angrenzenden Gebieten (sowohl oberirdische Gewässer als auch Grundwasser).

#### Ausgabeseite:

- Verdunstung,
- Abfluss in angrenzende Gebiete (sowohl in oberirdischen Gewässern als auch im Grundwasser).

Die menschliche Nutzung wird bei einer Wasserbilanz nicht berücksichtigt, da das Wasser nach dem Gebrauch wieder dem System zugeführt wird. Bei der Wasserbilanz wird auch nur die Menge betrachtet, nicht die Qualität. (Daneben wird in der Wasserversorgung auch eine Trinkwasserbilanz ermittelt. Hier wird der in einem Untersuchungsgebiet bestehende Wasserbedarf dem nutzbaren Wasserdargebot gegenübergestellt.)

Aussagekräftiger als die Wasserbilanz für die Fläche des Freistaates Bayern, dessen Grenzen nach politischen Gesichtspunkten festgelegt wurden, sind die Wasserbilanzen für die zwei großen bayerischen Flussgebiete (Tab. A1).

## 1.2 Niederschlag

Niederschlag im engeren Sinn sind alle die Kondensationsprodukte, die aus der Atmosphäre bis zum Boden gelangen. Feuchtigkeit, die am Boden entsteht (z. B. Tau, Reif), zählt hier nicht dazu. Niederschläge setzen voraus, dass die Luft sehr feucht ist und dass der Wasserdampf durch Abkühlung zu Tropfen kondensiert, wobei sich Wolken zu mächtigen Schichten oder gewaltigen Türmen aufbauen.

Der Aufstieg von feuchter, warmer Luft kann unterschiedliche Ursachen haben. Wird die bodennahe Luft durch die Einstrahlung über Tage aufgeheizt, steigt sie aufgrund ihrer

Bayern speziell

(Angaben in mm)	Bayerisches Donauebiet (Bayern südlich der Donau)	Bayerisches Maingebiet (Bayern nördlich der Donau)
Niederschlag	994 mm	770 mm
Verdunstung	539 mm	515 mm
Gebietsabfluss	455 mm	255 mm

Tab. A1

Wasserbilanzen in Einzugsgebieten. Die Daten sind Mittelwerte aus der Jahresreihe 1961 bis 1990, angegeben in mm (= l/m<sup>2</sup>) pro Jahr.

### Wasserbilanz für Bayern

Die Wasserbilanz ist die datenmäßige Darstellung des Wasserkreislaufs in einem bestimmten Gebiet über einen bestimmten Zeitraum hinweg. Ausgehend von der Grundlage, dass der Wasserkreislauf der Erde ein in sich abgeschlossenes System ist und die Wassermenge, die im Gesamtsystem zirkuliert, konstant bleibt, ergibt sich folgende Gleichung:

#### Niederschlag = Abfluss + Verdunstung

Soll nun die Wasserbilanz für ein bestimmtes Gebiet und einen bestimmten Zeitraum erstellt werden, so müssen dabei auch die Zuflüsse aus den „oberliegenden“ Gebieten (sog. Oberlieger), die Abflüsse in „unterliegende“ Gebiete (sog. Unterlieger) und ein gewisser Rückhalt im betrachteten Gebiet über den Bilanzzeitraum hinaus berücksichtigt werden (z. B. Schneedecke, Grundwasseranreicherung). Den Rückhalt in einem Gebiet genau zu bestimmen ist praktisch nicht möglich. Man versucht daher, Anfang und Ende des Bilanzzeitraums so zu legen, dass keine im Vergleich zur Gesamtmenge ins Gewicht fallenden Änderungen beim gespeicherten Wasser auftreten, um so diese Komponente der Bilanz nicht berücksichtigen zu müssen. Ein solcher Zeitpunkt ist in unserer gemäßigten Klimazone – abgesehen von ausgeprägten Nass- und Trockenjahren – regelmäßig im Frühjahr und im Herbst. Für ein bestimmtes Bilanzgebiet, wie z. B. die Fläche des Freistaates Bayern, ergibt sich dann folgende Bilanzgleichung:

#### Niederschlag + Zuflüsse von Oberliegern = Verdunstung + Abfluss zum Meer

Damit man für ein bestimmtes Gebiet einen aussagekräftigen Mittelwert bekommt, müssen die einzelnen Komponenten des Wasserkreislaufes über einen langen Zeitraum hinweg kontinuierlich beobachtet werden. Für Bayern gibt es diese Beobachtungen von Niederschlägen und Abfluss durchgehend seit ca. 100 Jahren. Für die Wasserbilanz wird in der Regel eine 30-jährige Zeitreihe verwendet. In diesen langen Jahresreihen gleichen sich ausgeprägte Nass- und Trockenperioden aus.

Die Abb. A1 stellt die Wasserbilanz für die Landesfläche von Bayern dar. Die Gegenüberstellung der drei Hauptkomponenten des Wasserkreislaufs zeigt, dass mehr als die Hälfte des Niederschlags verdunstet (56 Prozent). 21 Prozent des Niederschlags gelangen direkt in die oberirdischen Gewässer, die restlichen 23 Prozent ins Grundwasser. Die Zuflüsse aus angrenzenden Gebieten kommen im Wesentlichen aus Baden-Württemberg (Oberlauf der Donau) und Österreich (Lech, Isar, Inn, Saalach und Salzach).

Die Daten stammen aus Langzeitbeobachtungen des Deutschen Wetterdienstes (Niederschlagsdaten) und der Wasserwirtschaftsverwaltung (Abflussdaten). Die angegebenen Werte sind jeweils langjährige Mittelwerte aus der Zeitreihe 1961 bis 1990.

Bayern speziell

A

B

C

D

E

F

G

A

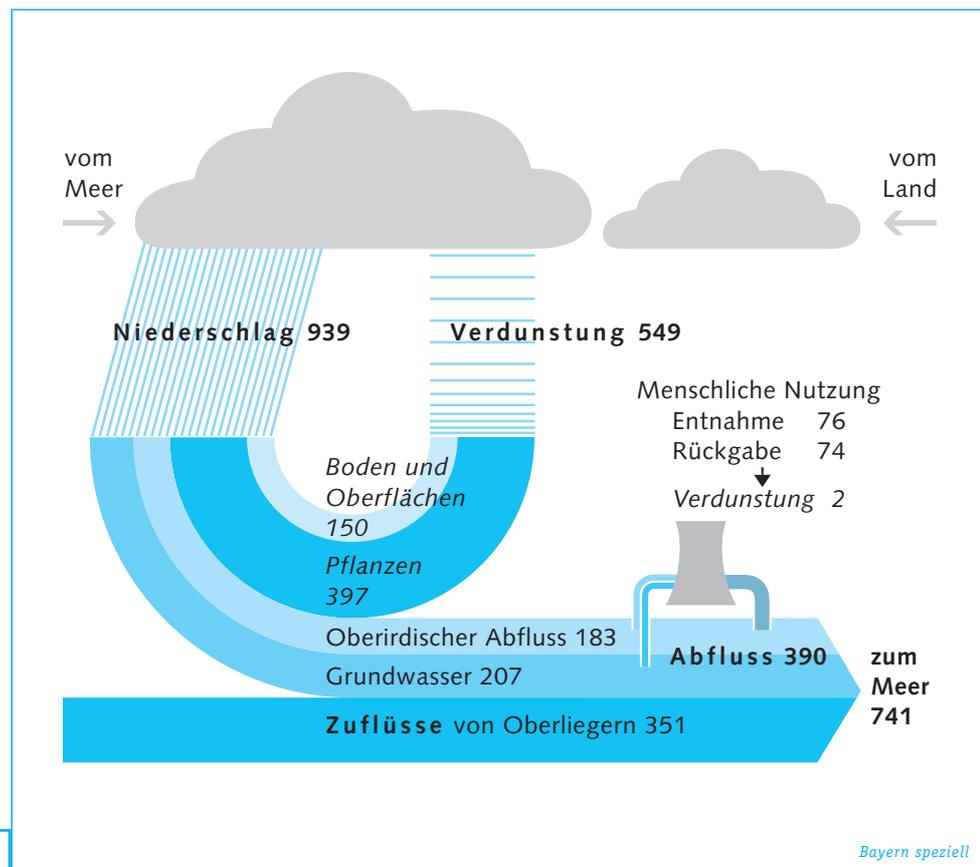
Abb. A1

Wasserbilanz Bayern. Die Zahlen im Schema bedeuten Wasserhöhen in Millimeter pro Jahr ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$ ). Die Niederschlags-, Abfluss- und Verdunstungshöhen sind langjährige Mittelwerte, die Nutzungsdaten beziehen sich auf das Jahr 1991.

B

C

D



E

F

G

Bayern speziell

höheren Temperatur und der Verringerung der Dichte auf (Konvektion). Hierdurch können (konvektive) Niederschläge entstehen, die oft mit Gewittern verbunden sind. Solche Konvektionsniederschläge können im Extremfall Regenfälle bis zu 100 Litern pro Quadratmeter (bzw. 100 mm) erreichen. Länger anhaltende Niederschläge entstehen durch das Zusammentreffen kalter und warmer Luftmassen (Wetterfronten).

Darüber hinaus spielt – im Zusammenhang mit der Strömungsrichtung der Luft – das Relief für die Niederschlagsverteilung eine wichtige Rolle (Windstau bzw. Luv, Windschatten bzw. Lee): Aufgrund der Höhenlage und der Windstau- bzw. Luveffekte sind es in Bayern die Mittelgebirgszüge nördlich der Donau (Region Odenwald, Spessart, Rhön, Frankenhöhe, Steigerwald, Fichtelgebirge, Bayerischer Wald) und südlich der Donau das Voralpengebiet und der Alpenrand, die im Mittel deutlich höhere Jahresniederschläge aufweisen. In Südbayern nehmen die Niederschläge in Richtung der Alpen zu und erreichen die höchsten Werte am Alpenrand.

Insgesamt sind die mittleren Jahresniederschläge in Bayern ungleich verteilt (Abb. A2): In Nordbayern wird der bayerische Mittelwert von 940 mm/Jahr meist unterschritten. In Süd-

bayern hingegen liegen die mittleren Jahresniederschläge (z. T. deutlich) über dem Landesdurchschnitt. Auch die jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge unterscheidet sich zwischen Nord- und Südbayern.

### 1.3 Abfluss

Bei Regen versickert ein Teil des Wassers im Boden, während sich der übrige Teil auf der Oberfläche sammelt und abfließt. Die Höhe des Abflusses ist abhängig von den Faktoren Bewuchs, Gelände und Boden. Auch die Versiegelung spielt eine Rolle.

Der Faktor „Bewuchs“: In der freien Natur fällt der Regen zunächst auf Bäume, Sträucher und Pflanzen. Vor allem zu Beginn eines Regens dringt kein Wasser durch das Blätter- oder Nadeldach der Bäume. Erst allmählich beginnt es zu tropfen und nach und nach erreicht mehr Niederschlag den Boden. Das Tropfenkleid der Vegetation kann in einer Wiese zwei, im Wald bis zu fünf Liter Wasser pro Quadratmeter festhalten. Nach dem Regen verdunstet dieses Wasser größtenteils wieder.

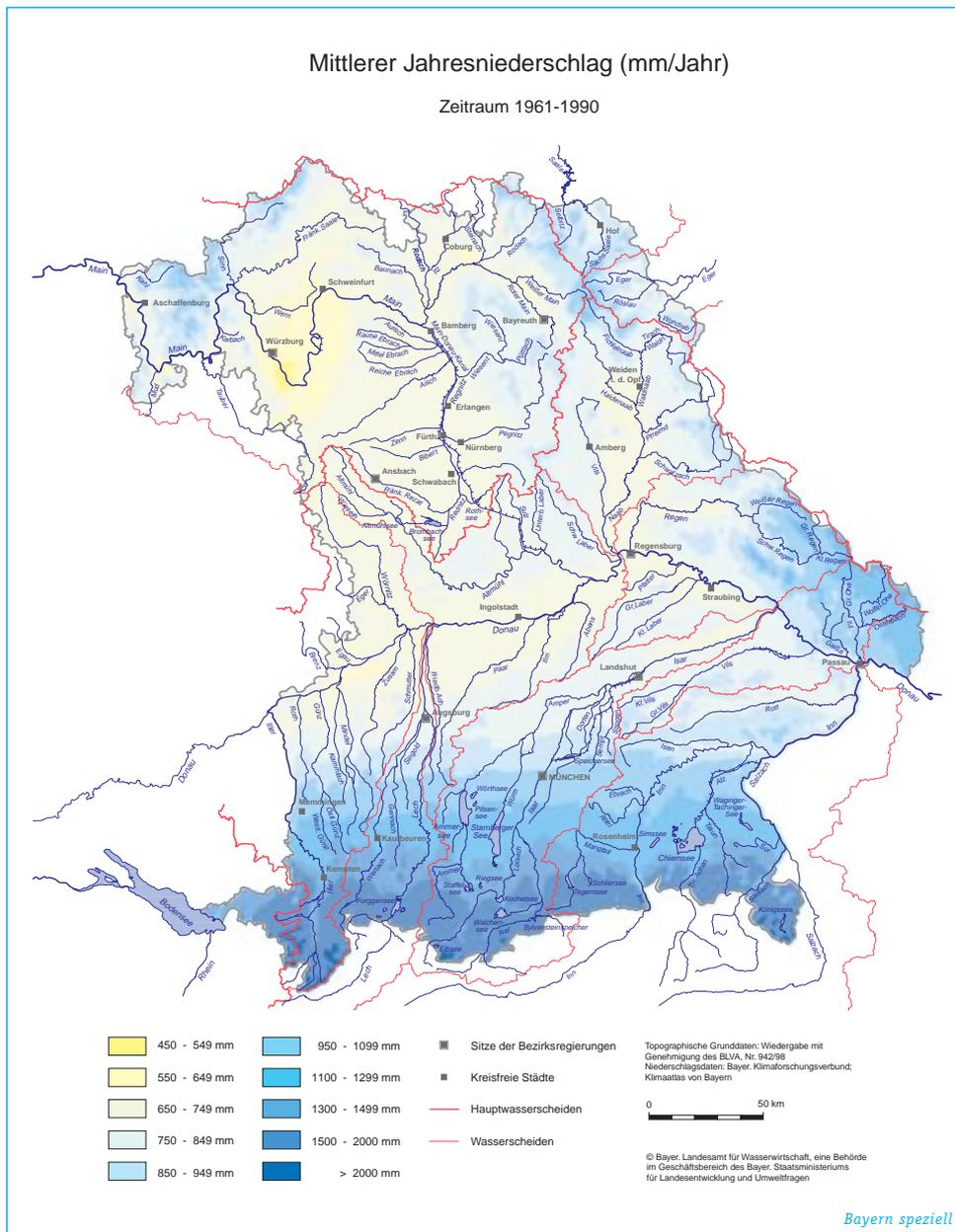


Abb. A2

Regionale Verteilung der mittleren Jahresniederschläge in Bayern: Zwischen Nord- und Südbayern gibt es große Unterschiede. In Nordbayern wird der bayerische Mittelwert von 940 mm/Jahr meist unterschritten. In Südbayern hingegen liegen die mittleren Jahresniederschläge über dem Landesdurchschnitt; das gilt besonders für das Alpen- und Voralpengebiet.

Die Vegetation speichert nicht nur Wasser, sondern verbessert auch die Wasserdurchlässigkeit der Oberfläche. Das Wasser kann schneller einsickern. Zum andern verbraucht die Vegetation zusätzlich Wasser und steigert damit die Verdunstung, so dass vegetationsbestandene Böden mehr Wasser aufnehmen können. Die „Infiltrationsrate“ ist unter alten Waldbeständen am höchsten. In einer Stunde können auf ebenem Waldboden 60 bis 75 Liter Wasser pro Quadratmeter einsickern, unter einer mageren Weidefläche dagegen nur um die 20 Liter. Noch geringer sind die Infiltrationsraten unter Hackfrucht-, Getreide- oder Futterpflanzenanbau.

Der Faktor „Gelände“: Auf der Landoberfläche wird das Wasser in Mulden und Furchen

gespeichert. Diese füllen sich, wenn mehr Regen fällt, als in gleicher Zeit in den Boden einsickern kann, oder wenn der Boden bereits mit Wasser gesättigt ist. Aus Berechnungsversuchen und Geländebeobachtungen werden Werte genannt, die zwischen einem und fünf Litern pro Quadratmeter liegen. In flachem Gelände ist der Muldenrückhalt höher als in steilem und geneigtem Gelände.

Der Faktor „Boden“: Der Boden ist ein leistungsfähiger Wasserspeicher. Ein Lehmboden kann beispielsweise über einen Meter Tiefe immer noch 150 Liter Wasser pro Quadratmeter aufnehmen. Das ist mehr Wasser, als es gewöhnlich in zwei Monaten regnet. Maßgebend für die Speichereigenschaften sind die Hohlräume im Boden. Ihre Größe und Form ist

A

B

C

D

E

F

G

A

**Abb. A3**  
 Abflussverhältnisse  
 in Bayern:  
 Mittlere Abflüsse bei  
 gleicher Gebietsgröße  
 (mittlere gebiets-  
 spezifische Abflüsse)

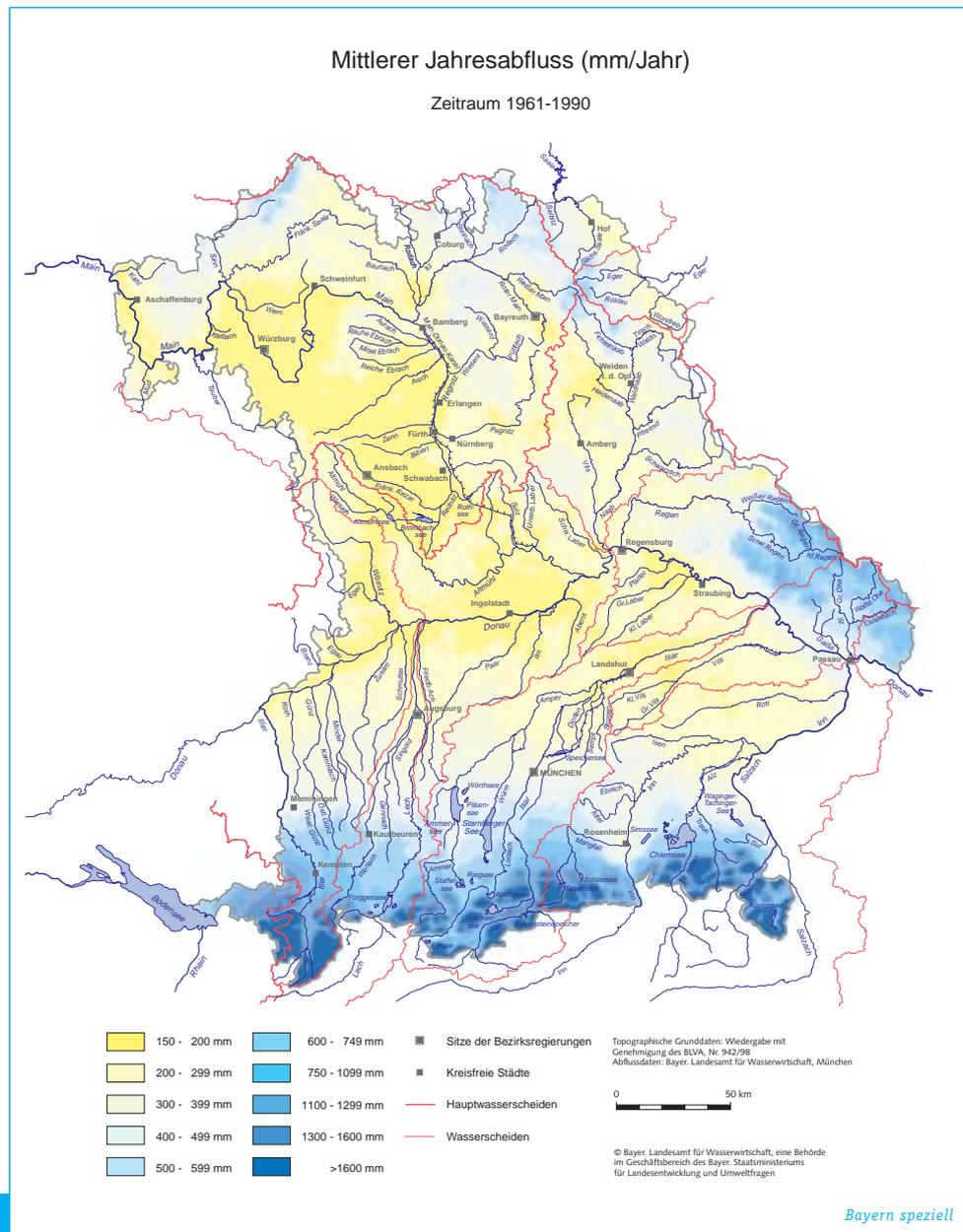
B

C

D

E

F



► Kartenteil

G

abhängig von Humusgehalt, Bodenart, Bodenmächtigkeit und Bodendichte.

Erst wenn die Hohlräume im Boden mit Wasser gefüllt sind, kann der Boden kein Wasser mehr aufnehmen und es entsteht Oberflächenabfluss.

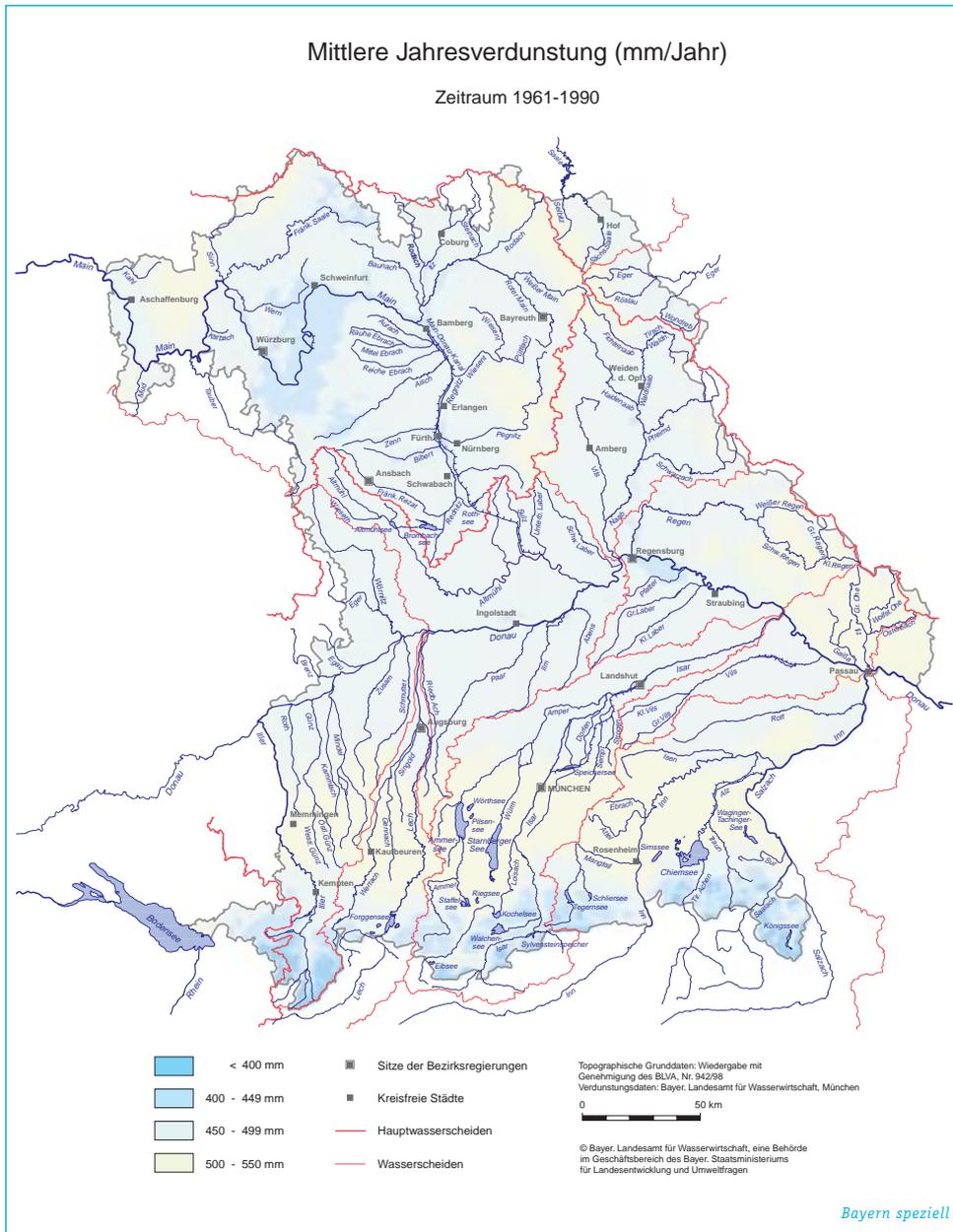
Der Abfluss spielt für die Gewässer und ihre Bewirtschaftung eine ganz wesentliche Rolle. Er ist Grundlage im Interessenausgleich der Gewässerbenutzer und Anlieger, der Gewässerökologie und des Natur- und Artenschutzes (► Modul C 1.2).

Einen Überblick über die Abflussverhältnisse in Bayern zeigt **Abb. A3**. Dargestellt sind die Verhältnisse, die sich bei jeweils gleicher Gebietsgröße (sog. „gebietspezifischer Abfluss“ oder „Abflusspende“) ergeben. Daraus

kann man erkennen, dass gleich große Gebiete im niederschlagsreicheren Südbayern einen bis zu viermal höheren Abfluss haben als z. B. das Maingebiet.

Der Faktor „Versiegelung“: Von befestigten Flächen kann nahezu alles Wasser unmittelbar abfließen: auf versiegelten Flächen läuft mehr Wasser ab als z. B. auf Waldboden, der es zunächst einmal aufnimmt. Nur ein Teil der bebauten Fläche Bayerns (8,4 Prozent der Landesfläche sind als Siedlungs- und Verkehrsfläche ausgewiesen) ist jedoch völlig wasserundurchlässig: wirklich versiegelt sind 3,4 Prozent der Fläche. In kleineren, stark besiedelten Flächen kann der Anteil jedoch wesentlich größer sein und dann einen deutlichen Beitrag zum Hochwasser leisten (► Modul C 1.3).

Bayern speziell



**Abb. A4**  
Mittlere jährliche Verdunstungshöhen in Bayern

A

B

C

D

E

F

### 1.4 Verdunstung

Die Verdunstung ist eine ganz besonders wichtige Größe in der Wasserbilanz, da sie über 50 Prozent der Ausgabenseite ausmacht. Bei der Verdunstung findet eine Phasenumwandlung vom flüssigen in den gasförmigen Zustand statt. Dabei wird Energie verbraucht. Die Höhe der Verdunstung wird beeinflusst durch den Luftdruck, die Lufttemperatur, das Relief, den Bodenwasserhaushalt, die Vegetation u. a. Bei der Verdunstung spielen der Bewuchs und seine Wasserversorgung die entscheidende Rolle: So transpiert etwa ein Krautkopf bei durchschnittlicher Witterung zwei bis drei Liter pro Tag, eine Buche sogar rund 50 Liter. Im

Gegensatz zu Niederschlag und Abfluss ist die Verdunstung über einem Gebiet jedoch real nicht messbar. Für die Wasserbilanz wird die Verdunstung daher aus der Differenz zwischen Niederschlag und Abfluss ermittelt. **Abb. A4** zeigt die mittleren jährlichen Verdunstungshöhen in Bayern.

### 1.5 Das nutzbare Grundwasser

In der neuzeitlichen Geschichte der Wasserbewirtschaftung kommt dem Grundwasser eine besondere Bedeutung zu. Eine der wichtigsten Aufgaben der Wasserwirtschaft war

G

Abb. A5

Vorherrschende Grundwasserleiter in Bayern

A

B

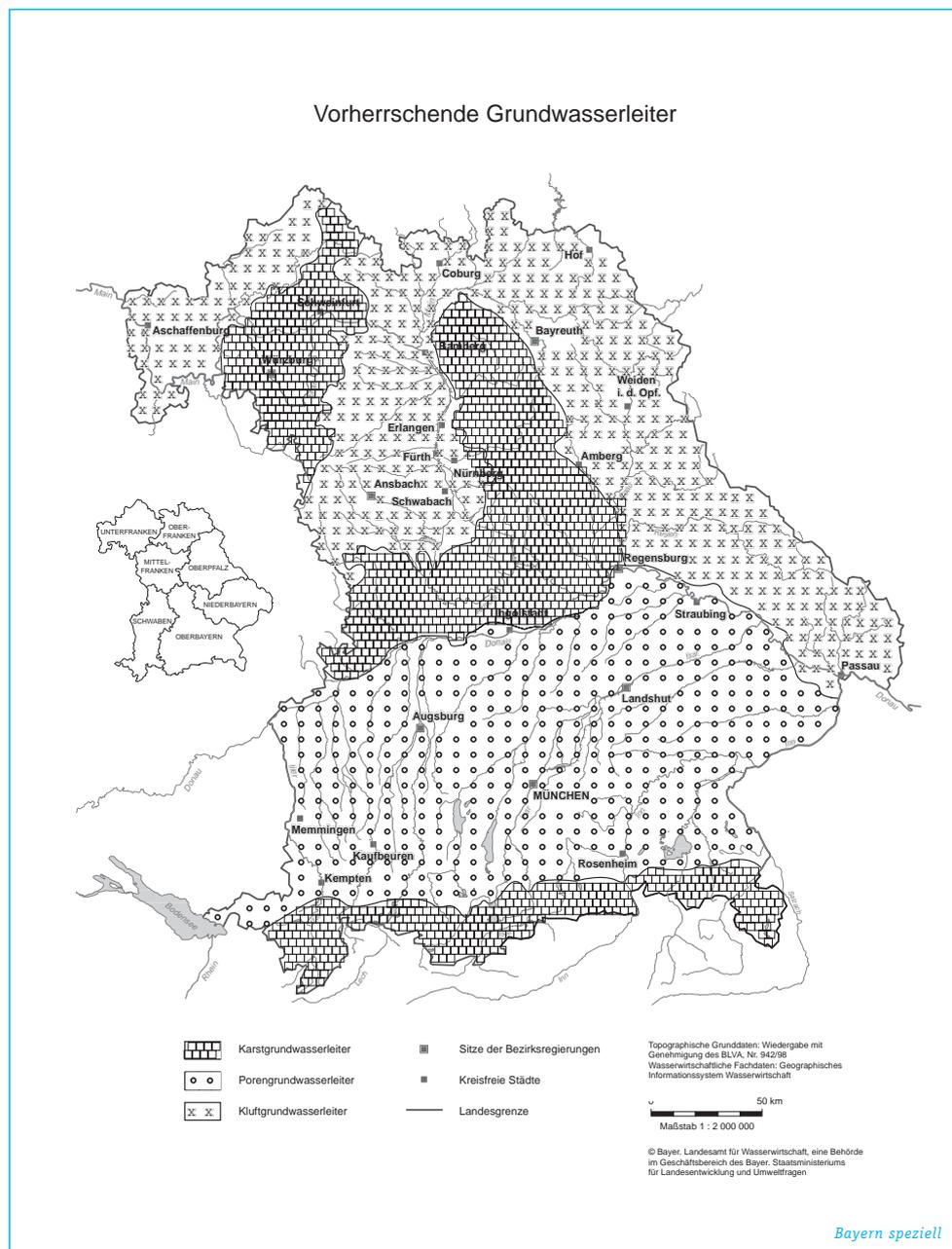
C

D

E

F

G



und ist es, die Bevölkerung mit Trinkwasser in hygienisch einwandfreier Qualität und ausreichender Menge zu versorgen. Konnte in früheren Zeiten noch Oberflächenwasser aus dünn besiedelten Gegenden gewonnen und in die Städte geleitet werden, so musste man spätestens seit der Industrialisierung, als die Flüsse und Bäche zur Abwasserbeseitigung herangezogen wurden, auf das Grundwasser zurückgreifen.

Grundwasser entsteht vor allem aus im Boden versickernden Niederschlägen, daneben auch durch Versickerung aus oberirdischen Gewässern. Dieser Vorgang wird als Grundwasserneubildung bezeichnet. Ihre Größe hängt von der Niederschlagshöhe, der

Geländeneigung, dem Bewuchs und der Durchlässigkeit der Böden sowie der weiteren Deckschichten ab. Nach dem Durchdringen der oberen, teilweise mit Luft gefüllten Bodenschichten sammelt sich das Wasser in den Hohlräumen der tiefer liegenden Gesteine zu einem geschlossenen Grundwasserkörper.

Die wasserführenden Gesteine werden als Grundwasserleiter bezeichnet und nach der Art der Hohlräume unterschieden:

- Bilden die Poren zwischen den Körnern sandiger oder kiesiger Ablagerungen (Sedimente) die Hohlräume, so spricht man von „Porengrundwasserleitern“. Sie können besonders große Wassermengen aufnehmen.

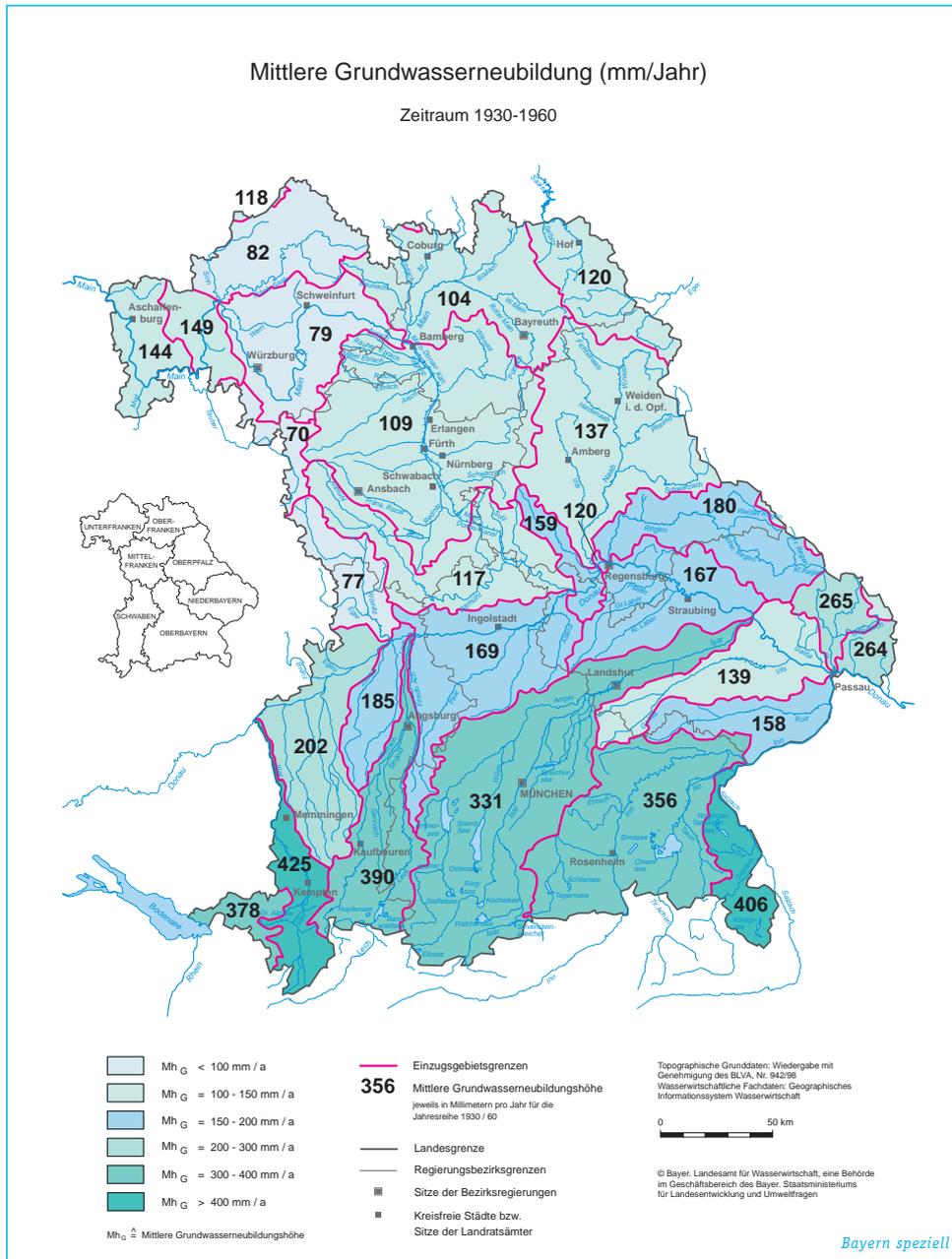


Abb. A 6

Grundwasser-  
neubildung in Bayern

A

B

C

D

E

F

G

- Bilden Klüfte und Spalten in Festgesteinen die Hohlräume, wird von „Kluftgrundwasserleiter“ gesprochen. Sie können eine im Vergleich zum gesamten Gesteinsvolumen geringe Grundwassermenge speichern.
- In den wasserlöslichen Kalkgesteinen können die Klüfte vom durchströmenden Grundwasser zu Gängen und Höhlen erweitert werden. Durch diesen als Verkarstung bezeichneten Vorgang entstehen „Karstgrundwasserleiter“.

wicklung zurückgehen. Während Bayern südlich der Donau zu 83 Prozent aus Lockergestein (Porengrundwasserleiter) besteht, trifft man in Nordbayern zu 98 Prozent Festgestein (Kluft- und Karstgrundwasserleiter) an. In den Flusstälern des Alpenvorlandes findet man häufig im Untergrund gut durchlässigen Schotter vor, der viele Poren besitzt. Dort kann viel Wasser versickern und den Grundwasserspeicher füllen. Weite Teile der niederschlagsarmen Regionen Frankens und der Oberpfalz bestehen überwiegend aus hohlraumarmen Festgesteinen wie Granit oder Jurakalk. Die Grundwasserneubildung ist dort deshalb erheblich geringer und für den Grundwasserhaushalt ungünstiger.

**Abb. A 5** zeigt die vorherrschenden Grundwasserleiter in Bayern. Hier gibt es wesentliche Unterschiede zwischen Nord- und Südbayern, die auf die erdgeschichtliche Ent-

A

B

C

D

E

F

G

Bayern speziell

Zusammenfassend ist zu sagen, dass in Südbayern versickerungsfähige Böden und Porengrundwasserleiter bei allgemein hohen Niederschlägen vorherrschen. Daher ist die Grundwasserneubildung insgesamt etwa 2- bis 3-mal größer als in Nordbayern: wegen der ungünstigeren geologischen Verhältnisse und der geringeren Niederschläge sammeln sich zum Beispiel nur etwa 125 Millimeter im Jahr, unter München hingegen 315 Millimeter. Die Donau kann sowohl in klimatischer als auch in hydrogeologischer Hinsicht als Trennlinie betrachtet werden. Die **Abb. A6** zeigt die Verteilung der Grundwasserneubildungshöhen in Bayern.

Ob und wo das Grundwasser für die Trinkwasserversorgung sinnvoll genutzt werden kann, hängt, wie oben ausgeführt, von der Menge des vorhandenen Grundwassers ab, aber auch – und das ist in der heutigen Zeit ein wesentlicher Faktor geworden – davon, ob das Grundwasser vor menschlichen Einflüssen geschützt werden kann (► Modul D1).

## 1.6 Abflussverhältnisse in Bayern

Bayern speziell

Bayern wird zur Betrachtung der Abflussverhältnisse insgesamt in drei große Flussgebiete aufgeteilt:

- Bayerisches Donaugebiet 48.209 km<sup>2</sup>
- Bayerisches Maingebiet 19.685 km<sup>2</sup>
- Bayerisches Elbegebiet 1.971 km<sup>2</sup>

Die Abflussverhältnisse in den bayerischen Flüssen spiegeln die meteorologischen und geologischen Verhältnisse wider, die oben erläutert wurden.

**Tab. A2** enthält die Kenndaten der wichtigsten Flussgebiete Bayerns. Darin sind die bereits behandelten Kenngrößen des Gesamtabflusses zusammengestellt. Zusätzlich sind noch die gebietsspezifischen Abflüsse (Abfluss pro Quadratkilometer Einzugsgebietsfläche) und die Gebietsgrößen der Flussgebiete (Fläche der bayerischen Einzugsgebiete) angegeben. Die Gewässer im Main- und Elbegebiet haben aufgrund des geringeren Niederschlags in Nordbayern erheblich geringere gebietsspezifische Abflüsse. Gleiches gilt auch für die rechten Zuflüsse zur Donau (Altmühl, Naab und Regen).

**Tab. A2**  
Kenndaten der wichtigsten Flussgebiete Bayerns

	Einzugsgebietsgröße (km <sup>2</sup> )		Abfluss (m <sup>3</sup> /s)	Gebietsspezifischer Abfluss (l/s x km <sup>2</sup> )
	gesamt	bayerisch		
<b>Donaugebiet</b>				
Donau	78.178	48.209	1.420	18,2
Iller	2.154	1.478	70	32,5
Lech	3.926	2.582	115	29,3
Isar	8.960	7.976	175	19,5
Inn	26.066	8.051	736	28,2
Altmühl	3.258	3.258	17	5,2
Naab	5.512	5.225	49	8,9
Regen	2.876	2.710	37	12,9
<b>Rheingebiet</b>				
Main	27.208	19.685	154	5,7
Regnitz	7.523	7.523	51	6,8
Fränk. Saale	2.766	2.337	16	5,8
Tauber	1.810	656		
<b>Elbegebiet</b>				
Wondreb zur Eger	507	312	2	6,4
Sächs. Saale (bis unterhalb Mündung Selbitz)		925	5	
<b>Alpine Flüsse</b> zeigen entsprechend der hohen Niederschläge bis 2000 mm/a sehr hohe gebietsspezifische Abflüsse (rechte Zuflüsse zur Donau, Rhein).				
Die Abflüsse in <b>Nordbayern</b> zeigen aufgrund der niedrigen Niederschläge 550 – 750 mm/a sehr geringe gebietsspezifische Abflüsse				

Bayern speziell

Die Zerteilung Bayerns mit der Donau als Trennungslinie gilt also auch für die Abflussverhältnisse in den oberirdischen Gewässern. Während die Flüsse Südbayerns überwiegend wasserreich sind, treten in den nordbayerischen Flüssen wie Regnitz und Main immer wieder Wassermangelsituationen auf.

### 1.7 Konsequenzen für die Wasserwirtschaft

Im Vergleich zu vielen anderen Ländern ist Bayern in seiner Gesamtheit ein wasserreiches Land. Das Wasser ist jedoch nicht gleichmäßig verteilt. Die schlechteren wasserwirtschaftlichen Randbedingungen in Nordbayern sind ein grundlegender Standortnachteil für die dortige Bevölkerung. Ein Ziel des Landesentwicklungsprogramms Bayern ist es, möglichst gleichwertige Lebensbedingungen in ganz Bayern zu schaffen. Es wurde daher versucht, in den vergangenen Jahrzehnten einen großräumigen Wasserausgleich zwischen Süd- und Nordbayern zu schaffen: Im Bereich der oberirdischen Gewässer wurde dieser Ausgleich durch die Überleitung von Altmühl- und Donauwasser in das Regnitz-Main-Gebiet verwirklicht. Das aus Donau und Altmühl entnommene Wasser wird im Main-Donau-Kanal bis zur Wasserscheide hochgepumpt, im Rothsee zwischengespeichert und von dort bei Bedarf in das Maingebiet abgegeben. Zum anderen wird das Hochwasser der Altmühl im Altmühlsee bei Gunzenhausen aufgefangen, in das benachbarte Brombachtal geleitet und in der dortigen Talsperre Brombachsee zur bedarfsgerechten Abgabe gespeichert. Der überregionale Wasserausgleich mit rund 150 Millionen Kubikmetern im Jahr ist das größte staatliche Wasserbauprojekt Deutschlands und hat die Standortbedingungen und die Gewässergüte Nordbayerns merklich verbessert.

Bei der Trinkwasserversorgung wurde durch die Vernetzung von 6 Fernwasserversorgungsunternehmen eine bessere Verteilung des benötigten Trinkwassers in den Wassermangelgebieten erreicht. So werden zum Beispiel jährlich rund 22 Millionen Kubikmeter Grundwasser aus dem Mündungsgebiet des Lech in die Industrieregion Mittelfranken geleitet und damit das Wasserangebot für den Großraum Nürnberg verbessert.

## 1.8 Literatur

### a) Broschüren und amtliche Schriften

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Wasserland Bayern*. 83 S., München 1999

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Bayern-Agenda 21*. 452 S., München 1998

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Wasserwirtschaft in Bayern: Grundwasser, Heft 28*. 53 S., München 1994

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Wasserbilanz Bayern*. Reihe Informationsberichte Heft 3/93

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit: *Wasser*. Reihe *Magazin-spezial*, 9. Ausgabe. 82. S., Neuhuherberg 1994

Geo-Wissen: *Wasser – Leben – Umwelt*. Reihe Geo-Wissen Nr. 2. Verlag Gruner & Jahr, Hamburg 1988

### b) didaktisch aufbereitete Schulliteratur

Pews-Hocke, C. u. a.: *Wasser*. Lehrerheft und Themenheft für den fachübergreifenden Lernbereich Naturwissenschaften. PAETEC-Verlag, 1997

*Care-Paket*: Materialsammlung für die Hauptschule Geschichte/Sozialkunde/Erkunde, 6. Jahrgangsstufe. CARE-LINE Verlag, Neuried, 1998

### c) einführende Lehrbücher

Heath, R. C.: *Einführung in die Grundwasserhydrologie*, R. Oldenbourg Verlag, München/Wien 1988

A

B

C

D

E

F

G

## 2 Schüleraktivitäten

A

Hier finden Sie die Arbeitsblätter:

- AA1** Rätsel!
- AA2** Wasser kann man auch in Worte kleiden!
- AA3** Gedicht „Das Wasser“ von James Krüss
- AA4** Regenwasser ist überall gleich – oder?
- AA5** Der Weg des Wassers
- AA6** Modell „Wasserkreislauf“
- AA7** Niederschlagsmessung
- AA8** Der Verdunstungsvorgang
- AA9** Bestimmung der Verdunstung bei Pflanzen
- AA10** Das Wasserspeichervermögen von Böden I
- AA11** Das Wasserspeichervermögen von Böden II

### 2.1 Schwerpunktfächer

#### Deutsch

Der spielerische Umgang mit der Sprache, die Umsetzung einer Strophe in zeichnerische Elemente und das Erkennen von Sprichwörtern zum Themenkreis Wasser ermöglichen den Schülern, Kenntnisse aus dem Deutschunterricht anzuwenden. (**AA1** bis **AA3**)

#### Biologie

Im Rahmen der ökologischen Grundbildung sind Verdunstung, Niederschläge und Wasserkreislauf Schlagworte, die dem Schüler im Unterricht immer wieder begegnen, so dass er Zusammenhänge herstellen kann, die ihm weitere Verknüpfungen vor allem mit dem Fach Erdkunde gestatten.

#### Erdkunde

Die Niederschlagsmessung mit all ihrer Problematik ist ein fester Bestandteil des Faches. Hier kann der Schüler problemorientiert arbeiten und selbst nachforschen, wo sich Fehler einschleichen und das Ergebnis verfälschen. Er wird zu genauem Arbeiten bei den Messvorgängen ermutigt.

### 2.2 Ausweitung

Bei vielen der vorgeschlagenen Materialien steht die Praxis im Vordergrund. Besonders bei der Niederschlagsmessung werden die Aktivitäten ins Freie verlagert. Um bei diesem Themenbereich sinnvoll agieren zu können, sind genauere Informationen einzuholen. Dies kann durch den Unterrichtsgang zu einer offiziellen Messstation erfolgen. Hier spielt bei den Aufzeichnungen auch das mathematisch genaue Protokollieren der Werte eine entscheidende Rolle.



## A

## Lösungen zu den Arbeitsblättern

### AA1

1. Wasser ist lebensnotwendig!
2. Alles ist aus dem Wasser entsprungen.
3. Tränen sind salzig.
4. Wenn es ein Heilmittel gibt, so wird es Wasser sein.
5. Gesundet das Wasser, so gesundet auch der Mensch.
6. Wir haben das Netz des Lebens nicht gewoben.
7. Wir sind nur ein Strang in diesem Netz.
8. Was immer wir dem Netz antun, tun wir uns selbst an.

Satz 6 – 8 aus der Rede des Häuptlings Seattle (1855), in der es um den Verkauf des Landes an die Weißen geht. (Film „Söhne der Erde“, Nr. 42 01719, bei den Stadt- und Kreisbildstellen entleihbar)

### AA2

Redensarten sind zum Beispiel:

- nahe ans Wasser gebaut haben
- Wasser auf beiden Schultern tragen
- ein stilles Wasser sein
- stille Wasser gründen tief
- kein Wässerchen trüben können
- einem das Wasser nicht reichen können
- da wird auch nur mit Wasser gekocht
- Wasser predigen und Wein trinken
- Wasser in den Wein schütten
- wie mit kaltem Wasser begossen sein
- ins Wasser fallen
- zu Wasser werden
- ins Wasser gehen
- einen (sich) über Wasser halten
- das Wasser steht ihm bis zum Hals
- das Wasser schlägt einem über dem Kopf zusammen
- Wasser treten
- übers große Wasser fahren
- bei Wasser und Brot sitzen
- vom reinsten Wasser sein
- wie Wasser und Feuer sein
- Wasser und Feuer zugleich tragen
- Wasser im Vergaser haben
- das Wasser läuft einem im Munde zusammen
- ein Schlag ins Wasser
- mit allen Wassern gewaschen sein

### AA3

*Vom Himmel fällt der Regen  
und macht die Erde nass,  
die Steine auf den Wegen,  
die Blumen und das Gras.*

*Die Sonne macht die Runde  
in altgewohntem Lauf  
und saugt mit ihrem Munde  
das Wasser wieder auf!*

*Das Wasser steigt zum Himmel  
und wallt dort hin und her.  
Da gibt es ein Gewimmel  
von Wolken, grau und schwer.*

*Die Wolken werden nasser  
und brechen auseinand',  
und wieder fällt das Wasser  
als Regen auf das Land.*

*Der Regen fällt ins Freie,  
und wieder saugt das Licht,  
die Wolke wächst aufs Neue,  
bis dass sie wieder bricht.*

*So geht des Wassers Weise:  
Es fällt, es steigt, es sinkt  
in ewig gleichem Kreise,  
und alles, alles trinkt!*

*So geht des Wassers Weise:  
Es fällt, es steigt, es sinkt  
in ewig gleichem Kreise,  
und alles, alles trinkt!*

Bitte **kopieren** und ausschneiden!

Die letzte Strophe befindet sich nicht auf dem Arbeitsblatt. Sie soll von der Lehrkraft erst am Ende der Präsentation hinzugefügt werden, um damit den Charakter des Kreislaufes zu verdeutlichen.

# Rätsel!

## Aufgabe

1. **Entschlüsselt** folgende Sätze.
2. Sucht euch **drei Sätze** aus und unterhaltet euch in Gruppen über ihren Sinn. Notiert die Ergebnisse und stellt sie der Klasse vor.

**A** WAS SE RISTLE BENSNO TWEN DIG

.....

**B** ALLESIS TAUS DEMWAS SER ENT SPRUN GEN

.....

**C** TRA ENENS INDSAL ZIG

.....

**D** WE N NESEINHE ILMIT TELG IBTSOW IRDES WAS SERSE IN

.....

**E** GESUN DETDASWAS SER SOGES UND ETAUCH DERM ENSCH

.....

**F** WIRHA BEND ASNETZ DESL EBEN SNICT GE WO BEN

.....

**G** WIRS IND NURE INST RANGINDI ESEM NE TZ

.....

**H** WASIM MER WIRDEM NE TZANT UNTUN WIRUN S SELB STAN

.....

Zu Satz .....

.....  
.....  
.....

Zu Satz .....

.....  
.....  
.....

Zu Satz .....

.....  
.....  
.....



# Wasser kann man auch in Worte kleiden!

## Aufgaben

1. Sucht möglichst viele **Redensarten**, die vom Wasser handeln.
2. Beschreibt die **Bedeutung** der Redensarten mit euren eigenen Worten.
3. Erfindet **Dialoge**, in denen die Redensarten aufgenommen werden (positive und negative Lebenssituationen).

## Beispiel

*Stille Wasser sind tief*

W

a

s

s

e

r



## Gedicht: Das Wasser

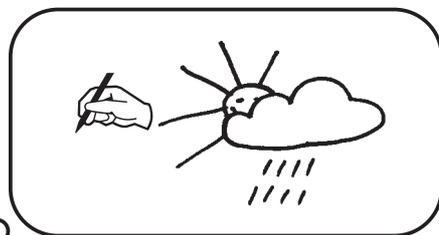
von James Krüss

A

Der Lehrer schneidet die Kärtchen aus.  
Jede Gruppe zieht eines der Kärtchen.

### Aufgaben

1. Stellt den **Inhalt der Strophe zeichnerisch** auf einem Blatt DIN A 3 dar.  
Die Darstellungen werden an die Tafel oder an die Pinnwand geheftet und nummeriert (1–5).
2. Jede Gruppe legt nun eine **Reihenfolge** der Darstellungen so fest (unter Verwendung der Darstellungsnummern), dass sich ein sinnvoller **Zusammenhang** zwischen den Zeichnungen ergibt.
3. Die Ergebnisse werden vorgestellt, wobei die jeweilige Abfolge der Darstellungen begründet wird.  
Die Gruppen erhalten die zu den Zeichnungen passenden Strophen und **fügen das Gedicht** entsprechend ihrer Reihenfolge der Darstellungen **zusammen**.  
Jede Gruppe trägt ihr Gedicht vor.
4. Schließlich wird das **Originalgedicht** einschließlich der letzten Strophe vorgelesen.  
Dabei werden die Darstellungen in die richtige Reihenfolge gebracht.



*Die Wolken werden nasser  
und brechen auseinand'  
und wieder fällt das Wasser  
als Regen auf das Land*

*Das Wasser steigt zum Himmel  
und wallt dort hin und her.  
Da gibt es ein Gewimmel  
von Wolken, grau und schwer*

*Die Sonne macht die Runde  
in altgewohntem Lauf  
und saugt mit ihrem Munde  
das Wasser wieder auf!*

*Der Regen fällt ins Freie,  
und wieder saugt das Licht,  
die Wolke wächst aufs Neue,  
bis dass sie wieder bricht.*

*Vom Himmel fällt der Regen  
und macht die Erde nass,  
die Steine auf den Wegen,  
die Blumen und das Gras.*

## Regenwasser ist überall gleich – oder?

### Materialien

- ✓ Kochherd oder Heizplatte bzw. Campingkocher
- ✓ Kochtopf mit größerem Deckel
- ✓ Kochlöffel
- ✓ Glas
- ✓ Kochsalz
- ✓ Lebensmittelfarbe

### Aufgabe

Überprüft die Aussage „Regenwasser ist überall gleich“.

### Vorgehen

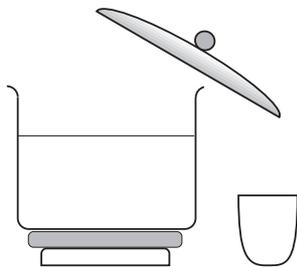
Bringt das Wasser im Topf **zum Kochen**. **Fangt** den aufsteigenden **Wasserdampf** mit Hilfe des schräg gestellten größeren Topfdeckels **auf** und lasst das sich bildende **Kondenswasser** in das bereitgestellte Glas **tropfen**.

Führt diesen Versuch durch mit

**A** Wasser aus der Leitung, **B** Wasser mit Lebensmittelfarbe, **C** Salzwasser

#### A Wasser aus der Leitung

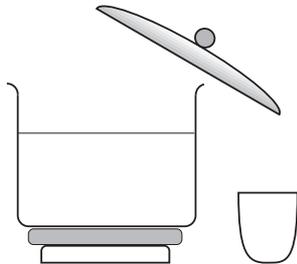
- ① **Ergänzt** die Zeichnung mit Hilfe eurer Beobachtungen.
- ② **Beschreibt** den Geschmack des Wassers im Topf (abkühlen lassen) und den des Wassers im Glas.



- ③ **Notiert** sonstige Beobachtungen.

#### B Wasser mit Lebensmittelfarbe

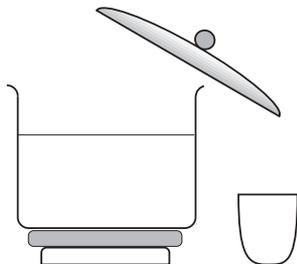
- ① **Ergänzt** die Zeichnung mit Hilfe eurer Beobachtungen.
- ② **Beschreibt** den Geschmack des Wassers im Topf (abkühlen lassen) und den des Wassers im Glas.



- ③ **Notiert** sonstige Beobachtungen.

#### C Salzwasser

- ① **Ergänzt** die Zeichnung mit Hilfe eurer Beobachtungen.
- ② **Beschreibt** den Geschmack des Wassers im Topf (abkühlen lassen) und den des Wassers im Glas.



- ③ **Notiert** sonstige Beobachtungen.

### Auswertung

- 1 Welche Gemeinsamkeiten zeigt der Versuchsablauf mit der **Bildung von Regen**?
- 2 Stimmt die Behauptung, dass **Regenwasser überall gleich** ist? Begründet.
- 3 Wie könnten die Menschen die Versuchsergebnisse für ihre **Wasserversorgung** nutzen?

## Überschrift:

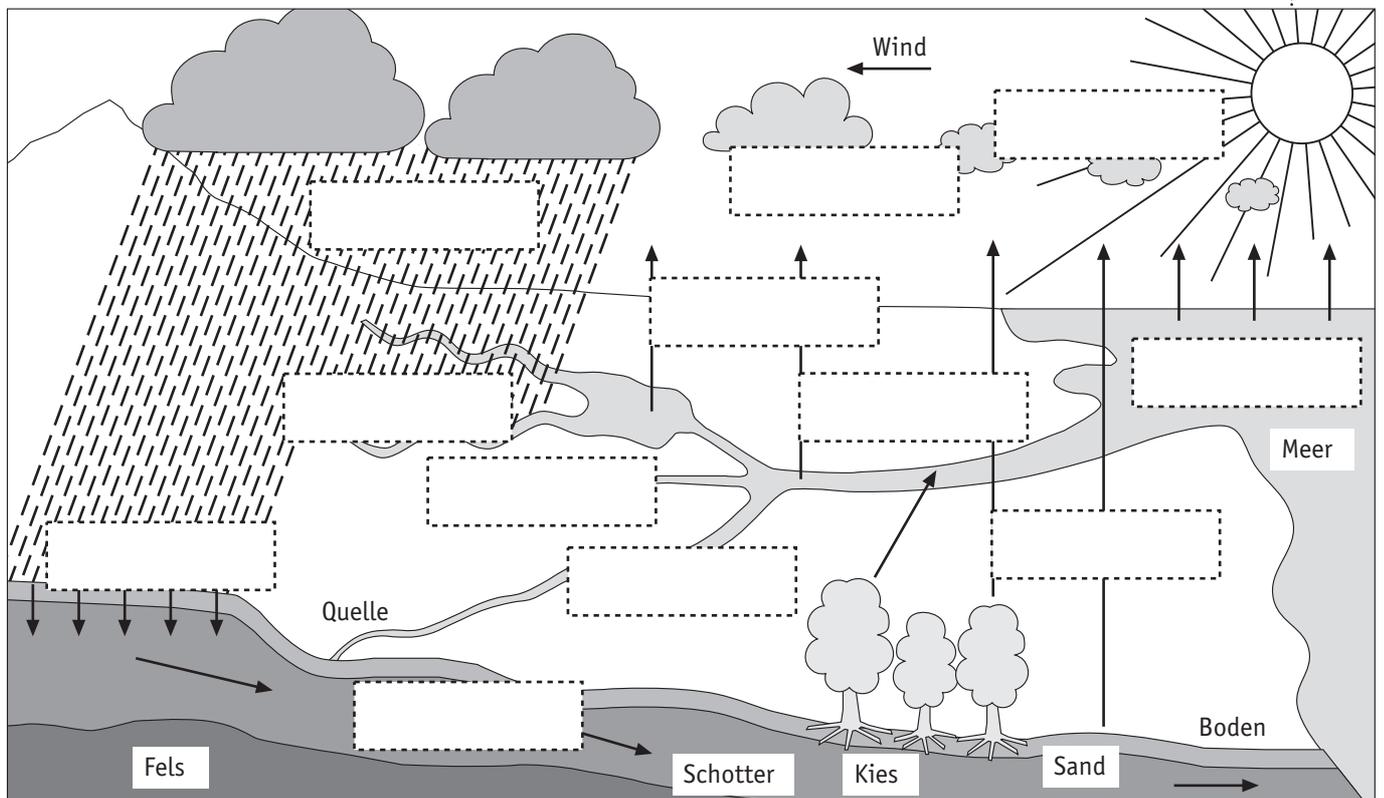
A

### Aufgaben

Bildet von dem jeweils fett gedruckten Verb ein **Hauptwort**. Tragt die Hauptwörter in das eurer Meinung nach passende leere Rechteck des Bildes ein (einige Hauptwörter passen in mehrere Rechtecke).

Überlegt euch eine zu dieser Darstellung passende **Überschrift** und tragt sie in die leere Überschriftszeile des Arbeitsblattes ein.

1. Die Wärme der Sonne lässt Meerwasser **verdunsten**.
2. Der (unsichtbare) Wasserdampf steigt auf und **kondensiert** zu Wolken.
3. Diese werden vom Wind transportiert und stauen sich besonders an Gebirgen. Es kommt zu **Niederschlägen**: Regen, Schnee, Hagel.
4. Die Niederschläge **fließen** zum Teil in Bächen und Flüssen oberirdisch **ab** und gelangen schließlich ins Meer.
5. Das Wasser **versickert** auch im Boden und
6. fließt als **Grundwasser** unterirdisch ab.
7. Die Sonne lässt das Wasser auch aus Seen und Flüssen **verdunsten**.
8. Der Boden und die Pflanzen geben Wasser durch **Verdunsten** ab.



## Modell „Wasserkreislauf“

### Materialien

- je Gruppe
- ✓ zwei Einweckgläser (1,5 l)
  - ✓ Pflanzenerde
  - ✓ Messbecher
  - ✓ Kresse
  - ✓ Einweckgummi
  - ✓ Küchenfolie

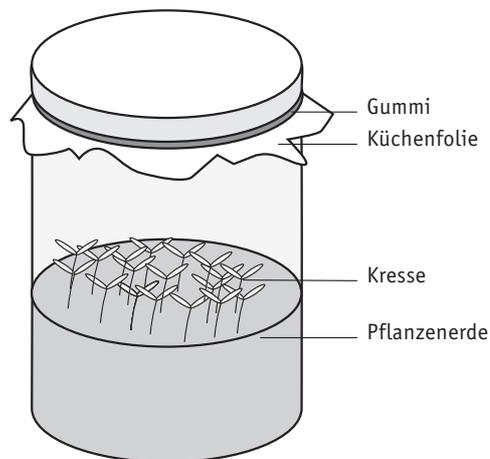
### Aufgabe

Simuliert den **Wasserkreislauf** mit Hilfe eines **Modells**.

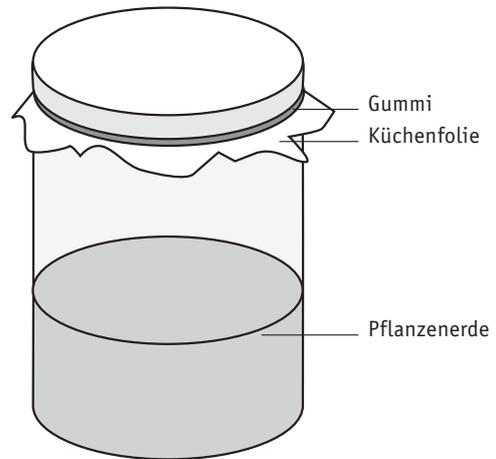
### Vorgehen

- ① Füllt beide Gläser bis ca 1/3 der Höhe mit Pflanzenerde.
- ② **Bedeckt** nun in einem der Gläser die Erdoberfläche mit **Kressepflanzen**.
- ③ Gießt in beide Gläser die **gleiche Menge Wasser** (ca. 100 ml). Das Wasser sollte vollständig von der Erde aufgesogen werden.
- ④ **Verschließt** die Gläser **luftdicht** mit Hilfe durchsichtiger Küchenfolie und Einweckgummis.

#### A mit Kresse



#### B ohne Kresse



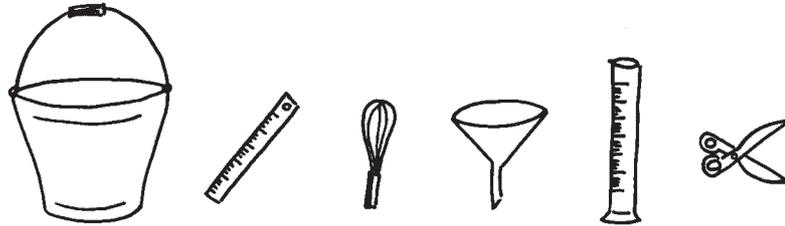
### Auswertung

- 1 Stellt beide Gläser an den **gleichen Standort** im Klassenzimmer oder im Biologiesaal.  
**Jede Gruppe** sollte einen **anderen Standort** (schattig, kühl, sonnig, warm) wählen; spricht euch deshalb mit den anderen Gruppen ab.
- 2 **Beobachtet** und **vergleicht** eure Gläser über einen längeren Zeitraum (1–2 Wochen). Protokolliert eure Beobachtungen.
- 3 Jede Gruppe stellt am Ende des Beobachtungszeitraums ihre **Ergebnisse** der Klasse vor.
- 4 **Interpretiert** die Ergebnisse. Verwendet dazu die Skizze des Wasserkreislaufs.

## Niederschlagsmessung

A

Folgende Gegenstände stehen euch zur Verfügung:

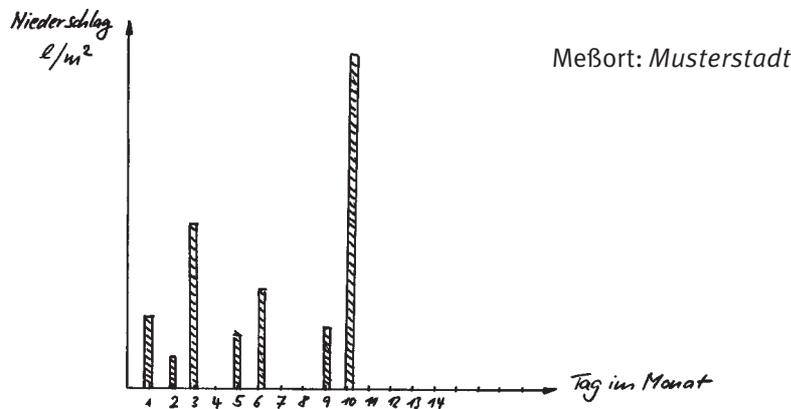


### Aufgabe

Misst den Niederschlag am Schulort.

### Vorgehen

- ① Erarbeitet in der Gruppe einen Vorschlag, wie ihr mit den abgebildeten Gegenständen **messen** könnt, wie viele Liter Niederschlag an einem Tag auf einen Quadratmeter fallen. (Hinweis: Nicht alle Gegenstände müssen verwendet werden). **Notiert** und/oder **skizziert** eure Vorgehensweise.
- ② Jede Gruppe führt mit ihrer Methode tägliche **Niederschlagsmessungen** für die Dauer eines **Monats** durch.
- ③ Mit den **Ergebnissen** der täglichen Niederschlagsmessungen erstellt jede Gruppe eine **Grafik** nach folgendem Muster (ihr könnt einen Computer benutzen):



- ④ Berechnet die **durchschnittliche tägliche Niederschlagsmenge** und die **gesamte Niederschlagsmenge** im gemessenen Zeitraum.
- ⑤ Berechnet aus der gesamten Niederschlagsmenge pro Quadratmeter, wie hoch das Wasser stünde, wenn es **nicht abgelaufen** wäre.

### Auswertung

nach Beendigung der Niederschlagsmessungen:

Jede Gruppe

- 1 stellt ihre **Vorgehensweise** bei der Niederschlagsmessung der Klasse vor,
- 2 erklärt dabei, **wie** sie den täglichen Niederschlag in  $\text{l/m}^2$  erhalten hat,
- 3 stellt ihre **Grafik** vor und erläutert sie.

Die ganze Klasse

- 1 **vergleicht** die Gruppenergebnisse mit den **amtlichen Messwerten** oder mit Messwerten, die mit einer Standardmethode erhoben wurden,
- 2 beurteilt die **Messmethoden** der einzelnen Gruppen im Vergleich mit einer Standardmethode (Fehlersuche).

## Der Verdunstungsvorgang

### Materialien

- ✓ Tafel im Klassenzimmer
- ✓ Schwamm
- ✓ Föhn (2 Stück)
- ✓ Stoppuhr

### Aufgabe

Beobachtet Einflüsse auf die Verdunstung.

### Vorgehen

- ① Die Tafel im Klassenzimmer wird in **drei Bereiche** eingeteilt.
- ② Diese Teile werden gleichmäßig mit dem Schwamm **befeuchtet**.
- ③ Der **erste** Teilbereich soll **ohne Beeinflussung trocknen**.
- ④ Der **zweite** wird mit Hilfe eines **Kaltföhns**,
- ⑤ der **dritte** mit einem **Warmföhn** getrocknet.
- ⑥ Die **Dauer der Trocknung** wird mit der Stoppuhr bestimmt.
- ⑦ Führt diesen Versuch **drei Mal** durch und bildet die **Durchschnitte** der gemessenen Zeiten.  
Tragt die abgelesene Zeit in die **Tabelle** ein.

	ohne Beeinflussung	Kaltföhn	Warmföhn
Zeit (t) in min			
Zeit (t) in min			
Zeit (t) in min			
durchschnittliche Zeit (t) in min			

### Auswertung

- 1 Welche **Beobachtungen** könnt ihr dabei machen?
- 2 Sucht **Zusammenhänge** zwischen den Versuchsergebnissen und den Verdunstungsvorgängen in der freien Natur.



Was hat der Wasserkreislauf mit meinen Haaren zu tun?

## Bestimmung der Verdunstung bei Pflanzen

### Materialien

✓ je Gruppe zwei gleiche Messzylinder ✓ Messer ✓ Eosinlösung ✓ wasserfester Filzstift ✓ Watte ✓ Salatöl ✓ zwei Zweige von der gleichen Strauchart

### Aufgabe

Bestimmt die Verdunstung bei Pflanzen.

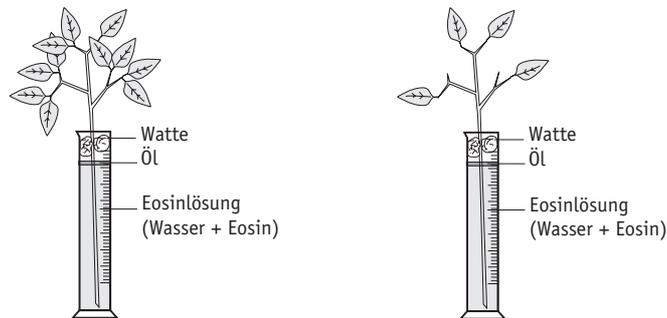
### Vorgehen

- ① Die Messzylinder werden **gleich hoch** mit **Eosinlösung** gefüllt. Es wird jeweils die Höhe des Wasserstandes notiert.
- ② In jeden Messzylinder wird ein **Zweig eines Strauchs** gestellt. Der **zweite Zweig** sollte **erheblich weniger Blätter** tragen als der erste.
- ③ Damit kein Wasser aus den Gefäßen verdunsten kann, wird etwas **Öl auf die Farblösung** gegossen.
- ④ Um die **Pflanzen** etwas zu **fixieren**, werden die Stiele am Gefäßrand mit Watte umgeben.

Die Versuchsansätze einer Gruppe werden für die Versuchsdauer an jeweils gleiche Standorte gestellt. Die Gruppen sollten jeweils unterschiedliche Standorte wählen (schattig, sonnig, kühl, warm).

- ⑤ Notiert die **Wasserstände** zu Beginn des Versuches.
- ⑥ Tragt eure Ergebnisse in die nachfolgende **Tabelle** ein.
- ⑦ Setzt die **Messreihe über ein paar Tage** fort und notiert täglich die Wasserstände.

### Versuchsanordnung



	Wasserstand im Messzylinder				
	Beginn	1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
1. Zweig					
2. Zweig					

### Auswertung

1. Welche **Aussagen** könnt ihr aufgrund eurer Messergebnisse treffen?
2. Ermittelt für beide Zweige die gesamte **Blattfläche**. Zeichnet dazu den Blattumriss eines mittelgroßen Laubblattes auf kariertes Papier. Ermittelt die Anzahl der eingeschlossenen Kästchen und berechnet die Fläche. Zählt nun die Laubblätter am Zweig und multipliziert diese Zahl mit der Blattfläche des mittelgroßen Blattes.
3. Berechnet für beide Zweige die **Verdunstung je Blatt** für die gesamte Versuchsdauer und vergleicht die Ergebnisse.
4. Vergleicht die Ergebnisse an den **verschiedenen Standorten**. Könt ihr die Unterschiede begründen?

## Das Wasserspeichervermögen verschiedener Bodenarten I

### Materialien

- ✓ verschiedene Böden, z. B. Sandboden, lehmiger Ackerboden, humusreicher Gartenboden oder Komposterde
- ✓ Trockenschrank bzw. Backofen
- ✓ gleich große Trichter mit Auslasshahn bzw. Trichter, an denen ein kurzes Schlauchstück mit Klemme angeschlossen ist
- ✓ Papierfilter
- ✓ Glasplatte
- ✓ Waage

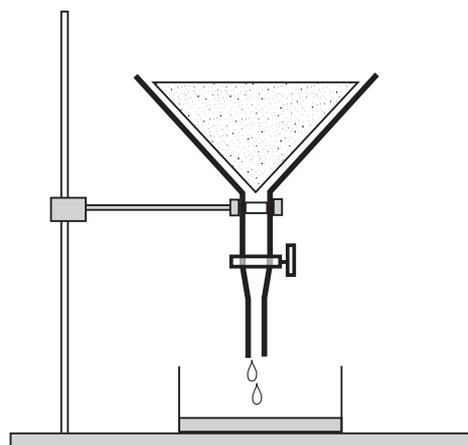
### Aufgabe

Vergleicht das Wasserspeichervermögen verschiedener Bodenarten.

### Vorgehen

- ① **Trocknet die Böden** im Trockenschrank (Klumpenbildung vermeiden, ggf. Böden zerreiben).
- ② Bearbeitet nun **Auswertung 1**.
- ③ **Füllt** die Böden dann in die mit feuchtem Filterpapier ausgelegte **Trichter**.
- ④ **Wiegt** nun die gefüllten Trichter und notiert das Gewicht in der Tabelle.
- ⑤ **Gießt** langsam bei geschlossener Schlauchklemme **Wasser** in jeden Trichter, bis der Boden kein Wasser mehr aufnehmen kann (glänzender Wasserfilm an der Oberfläche).

- ⑥ Das **überschüssige Wasser** lasst ihr durch Öffnen der Schlauchklemme abfließen, bis der Auslass nicht mehr tropft.
- ⑦ Die im Boden **gespeicherte Wassermenge** ermittelt ihr durch Bestimmung der Gewichtszunahme des gefüllten Trichters.
- ⑧ **Wiederholt** die Bestimmung der gespeicherten Wassermenge in Abständen von zwei Tagen.



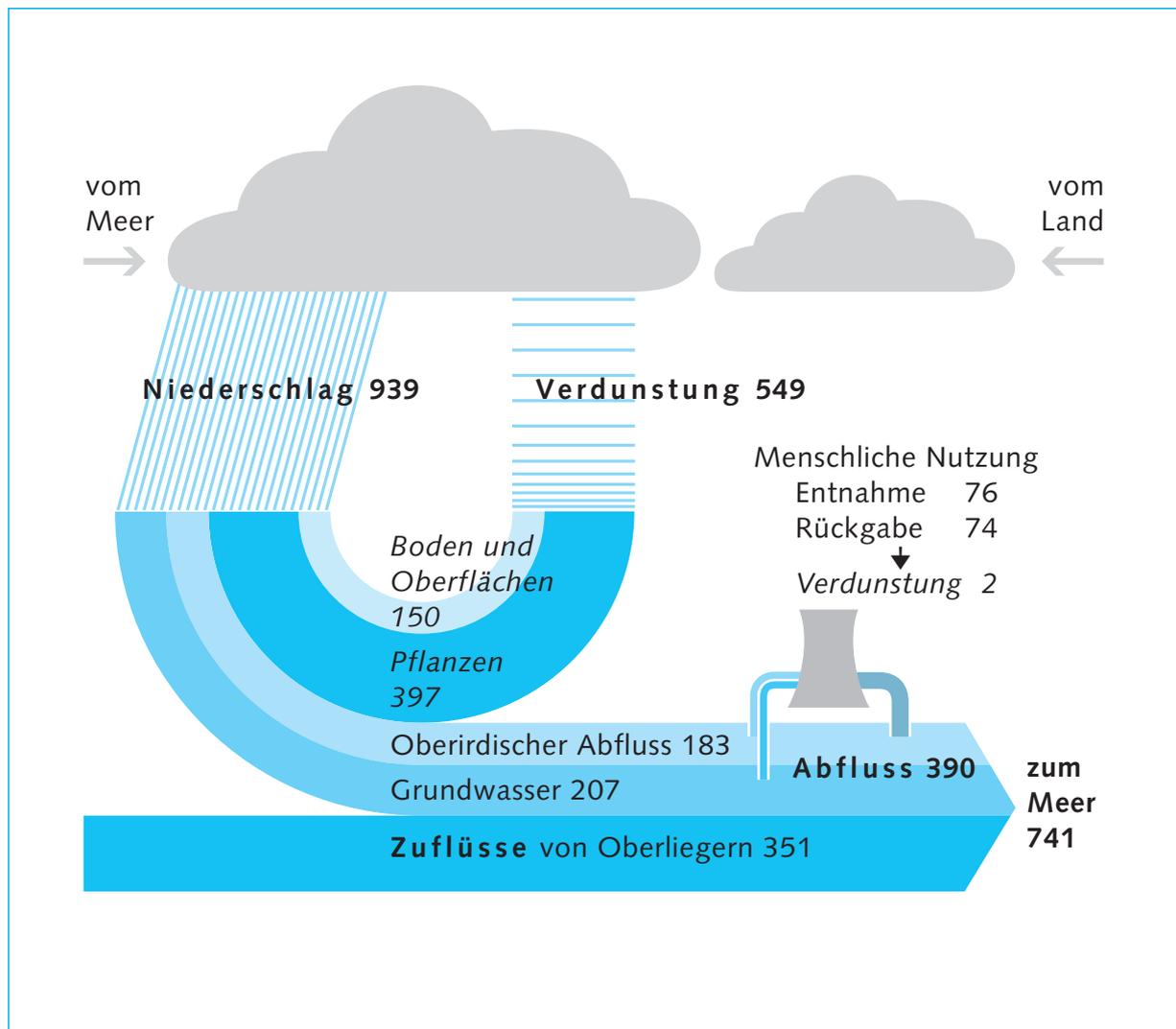
	Bodenarten		
Trockengewicht			
Gewicht vollgesogen			
Gewicht des Wasseranteils			
Gewicht nach 2 Tagen			
Gewicht des Wasseranteils			
Gewicht nach 4 Tagen			
Gewicht des Wasseranteils			
Gewicht nach 7 Tagen			
Gewicht des Wasseranteils			

### Auswertung

- 1 **Vergleicht** die Bodenarten in Bezug auf die **Korngröße**, die **Beschaffenheit der Krümel** und die **Hohlräume**. Notiert eure Ergebnisse.
- 2 **Vergleicht** die Böden hinsichtlich ihrer **Fähigkeit Wasser aufzunehmen**.
- 3 **Vergleicht** die Böden hinsichtlich ihrer Fähigkeit **das aufgenommene Wasser zu speichern**.
- 4 Gibt es einen **Zusammenhang** zwischen der **Beschaffenheit** der Böden (s. ①) und ihrer **Fähigkeit Wasser aufzunehmen und zu speichern**?



## Wasserbilanz Bayern



Die Zahlen im Schema bedeuten Wasserhöhen in Millimeter pro Jahr ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ l/m}^2$ ). Die Niederschlags-, Abfluss- und Verdunstungshöhen sind langjährige Mittelwerte, die Nutzungsdaten beziehen sich auf das Jahr 1991.

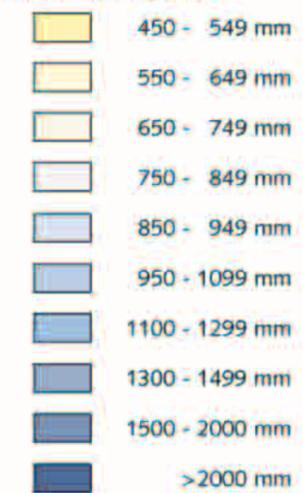
Lernort *Gewässer*

Herausgeber

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen  
Staatsinstitut für Schulpädagogik und BildungsforschungMittlerer Jahresniederschlag  
in Bayern

Periode 1961-1990

## Niederschlagshöhe



## Gewässereinzugsgebiete



## Siedlungen



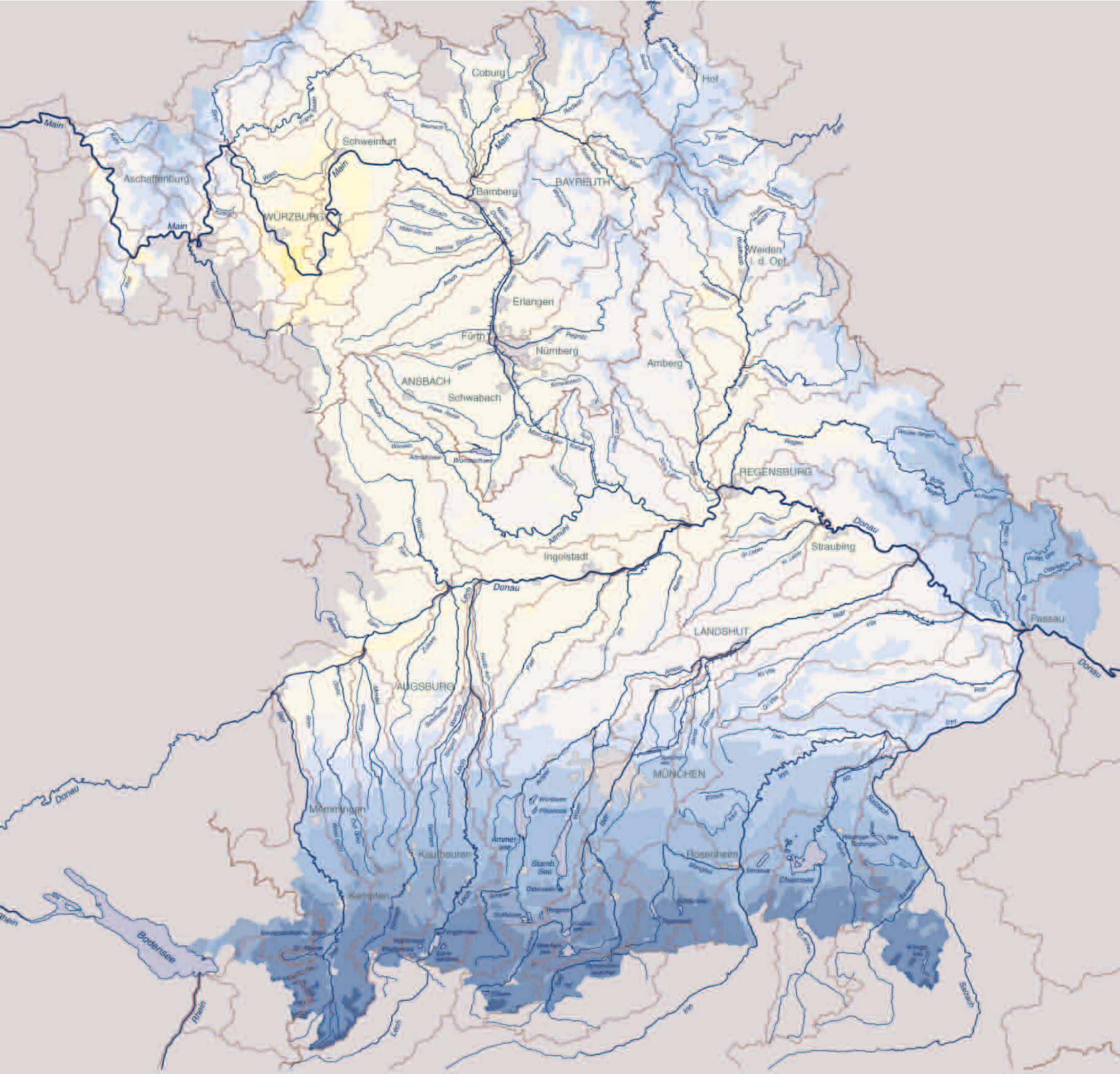
BAYREUTH Regierungsbezirkssitz

Schweinfurt Kreisfreie Stadt

Niederschlagsdaten: Bayer. Klimaforschungsverband: Klimaatlas von Bayern  
Gewässereinzugsgebiete: Geographisches Informationssystem Wasserwirtschaft  
Topographische Grunddaten: ATKIS 500 Bayern des Bayer. Landesvermessungsamtes

0 25 50 km

Maßstab 1 : 1 250 000

© Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, eine Behörde im Geschäftsbereich  
des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen  
Lazarettstr. 67, D-80636 München, Telefon 089/92 14-01  
1. Auflage, April 1998Bayerisches Landesamt  
für Wasserwirtschaft

Lernort *Gewässer*

Herausgeber

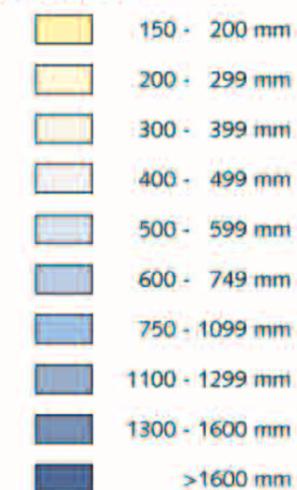
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen  
Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung

A

Mittlerer Jahresabfluß  
in Bayern

Periode 1961-1990

## Abflußhöhe



## Gewässereinzugsgebiete

-  Hauptwasserscheide
-  Nebenwasserscheide

## Siedlungen

-  Siedlungsflächen

BAYREUTH Regierungssitz

Schweinfurt Kreisfreie Stadt

Abflußdaten: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München

Gewässereinzugsgebiete: Geographisches Informationssystem Wasserwirtschaft

Topographische Grunddaten: ATKIS 500 Bayern des Bayer. Landesvermessungsamtes

0 25 50 km

Maßstab 1 : 1 250 000

© Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, eine Behörde im Geschäftsbereich  
des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen  
Lazarettstr. 67, D-80636 München, Telefon 089/92 14-01  
1. Auflage, April 1998

Lernort *Gewässer*

Herausgeber

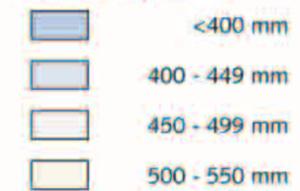
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen  
Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung

A

Mittlere Jahresverdunstung  
in Bayern

Periode 1961-1990

Verdunstungshöhe



Gewässereinzugsgebiete

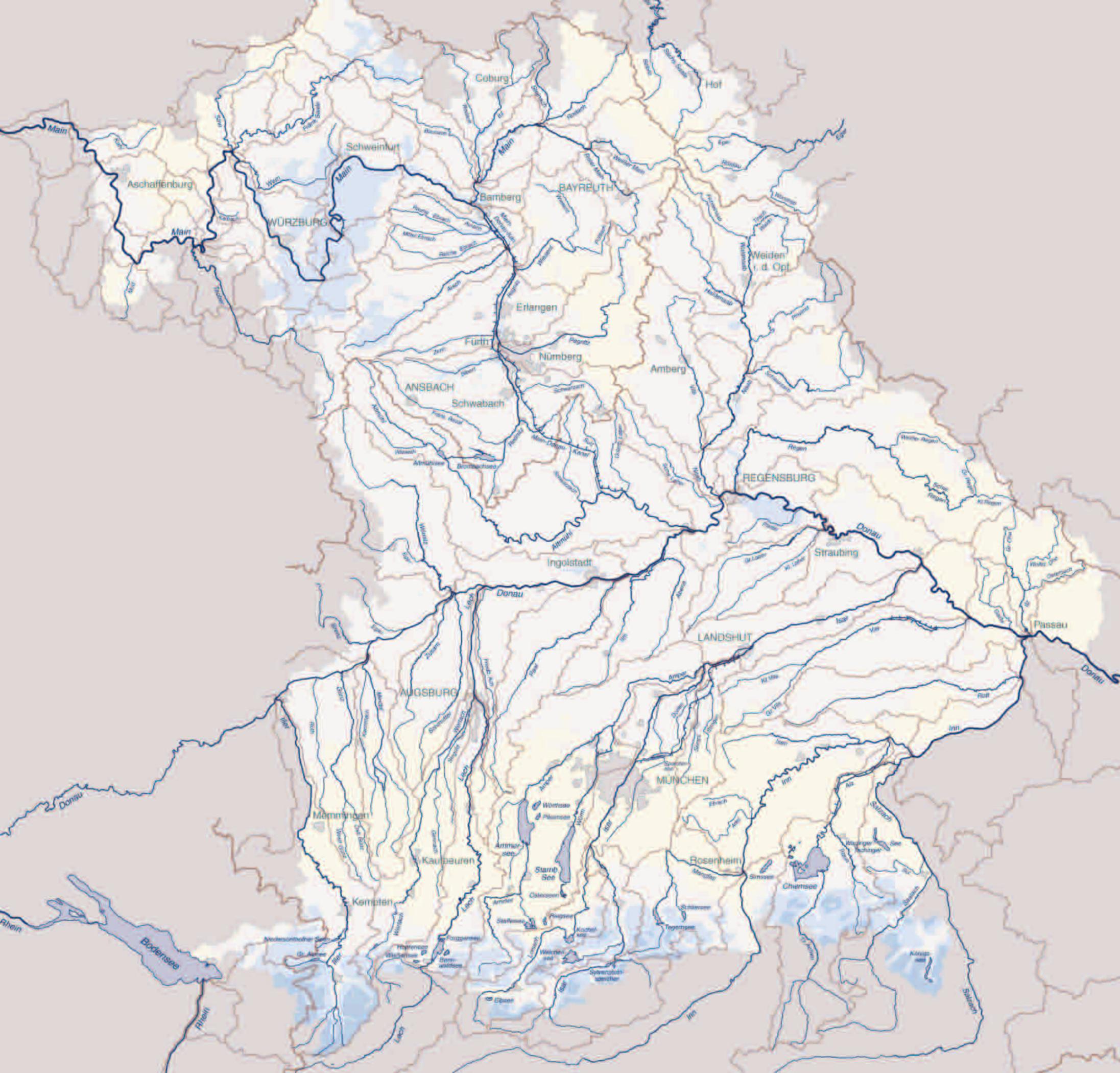


Siedlungen



BAYREUTH Regierungsbezirkssitz

Schweinfurt Kreisfreie Stadt



Verdunstungsdaten: Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München  
 Gewässereinzugsgebiete: Geographisches Informationssystem Wasserwirtschaft  
 Topographische Grunddaten: ATKIS 500 Bayern des Bayer. Landesvermessungsamtes

0 25 50 km

Maßstab 1 : 1 250 000

© Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, eine Behörde im Geschäftsbereich  
 des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen  
 Lazarettstr. 67, D-80636 München, Telefon 089/92 14-01  
 1. Auflage, April 1998

Lernort *Gewässer*

## Das Einzugsgebiet eines Fließgewässers



### 1 *Sachinformationen*

1.1	Definition: Einzugsgebiet	41
1.2	Der Einfluss des Einzugsgebiets auf das Gewässer	41
1.3	Schutz der Gewässer vor flächenhaften anthropogenen Belastungen	43
1.4	Literatur	45



B

## 1 Sachinformationen

Bayern speziell

Wie die Adern im Körper durchziehen Bäche und Flüsse das Land: Bayern hat mehr als 60.000 Kilometer kleinerer Bäche (davon ca. 12.000 Kilometer Wildbäche). Damit entfällt rechnerisch auf jeden Quadratkilometer bayerischer Landesfläche ein Kilometer Bachlänge! Die Bäche münden in 4.800 Kilometer regional bedeutsamer Fließgewässer, die wiederum in die überregional bedeutenden großen Flüsse (wie z. B. Isar, Lech, Main oder Donau) mit einer Gesamtlänge von 4.200 Kilometern in Bayern münden.

Aber auch 23 staatliche und über 100 private Wasserspeicher (z. B. Stauseen) und fast 200 künstlich geschaffene Seen (z. B. beim Kiesabbau entstandene Baggerseen) sind mit ihrem Umland eng verzahnt. Die gesamten Wasserflächen der Teichwirtschaft mit einer Vielzahl kleiner Teiche in Bayern (z. B. im Aischgrund) sind mehr als viermal so groß wie der Ammersee.

Mehr als 100 natürliche Seen sind als „Perlen in der Landschaft“ für die Freizeit- und Erholungsnutzung wie auch ökologisch gleichermaßen wertvoll. Allein die größeren Seen nehmen mehr als 270 Quadratkilometer ein.

Für sie alle gilt: Ein Gewässer hört nicht am Ufer auf. Das Einzugsgebiet ist deshalb die wesentliche Einheit und Betrachtungsebene im Sinne der europäischen Wasserrahmenrichtlinie, die derzeit erarbeitet wird.

Das folgende Kapitel informiert über

- natürliche Einflussfaktoren, die das Einzugsgebiet prägen,
- anthropogene Einflüsse, denen das Einzugsgebiet ausgesetzt ist,
- Schutzmaßnahmen, die ergriffen werden.

## 1.1 Definition: Einzugsgebiet

Das Einzugsgebiet ist der Teil der Landschaft, aus dem Wasser einem Gewässer zufließt. Die Grenze des Einzugsgebiets ist gleichzeitig die Wasserscheide zwischen zwei Einzugsgebieten.

## 1.2 Der Einfluss des Einzugsgebiets auf das Gewässer

Über das Einzugsgebiet wirken natürliche und anthropogene Faktoren auf das Gewässer ein (Abb. B<sub>1</sub>).



Abb. B<sub>1</sub>

Schematischer Überblick über die Einflussgrößen auf das Einzugsgebiet eines Fließgewässers

A

B

C

D

E

F

G

A

B

C

D

E

F

G

### 1.2.1 Einwirkung natürlicher Faktoren auf das Einzugsgebiet

#### Geographie/Relief

Das Relief bestimmt die Fließdynamik und somit die Fließgewässerregion. Der Oberlauf/Quellbereich befindet sich meist an einer Hanglage oder im Bergland. Das obere Einzugsgebiet besteht aus Steilflächen, die oft bewaldet sind.

Landwirtschaftliche Nutzung ist überwiegend als Grünland möglich. Der gestreckte Gewässerlauf liegt in einem engen Kerbtal. Beim Austritt in das Hügelland verlangsamt sich die Fließgeschwindigkeit und das Gewässer beginnt in der flachen Aue zu mäandrieren. Die Ufer werden zunehmend von einem Gehölzsaum (Auwald, Aue) begleitet und zum Unterlauf hin nehmen Feuchtwiesen und Altwässer zu. Im Unterlauf verläuft das Gewässerbett in weiten Auen aus Sand- und Kiesablagerungen, die das Wasser im Verlauf vieler Jahre aus dem oberen Einzugsgebiet herangeschafft hat.

#### Klima

Die klimatischen Verhältnisse des Einzugsgebiets eines Gewässers können sehr stark variieren. In Höhenlagen treten an Luvseiten verstärkt Steigungsregen auf, die in den Wintermonaten als Schnee fallen und sich im Frühjahr auf das Abflussgeschehen auswirken. Im Unterlauf sind in der Regel gleichmäßigere klimatische Bedingungen anzutreffen.

#### Geologie

Die Geologie bestimmt das Wasserspeichervermögen des Bodens und den Mineralgehalt des Grundwassers (► Modul A 1.3). Während felsige und klüftige Gebirgslagen nur geringe Wassermengen speichern können, besitzen die kiesig-sandigen Schwemmlandauen des Unterlaufs ein sehr hohes Wasserspeichervermögen. Das Wasserspeichervermögen des Bodens ist wichtig für eine ganzjährige ausgeglichene Trinkwasserversorgung, einen gleichmäßigen Abfluss der Gewässer und die Versorgung der Vegetation mit Wasser während längerer Trockenheit.

### 1.2.2 Menschliche Eingriffe im Einzugsgebiet (Anthropogene Faktoren)

#### Landwirtschaft

Zur Versorgung einer stetig wachsenden Bevölkerung mussten insbesondere in den letzten 100 Jahren Wälder gerodet und wilde Flüsse gezähmt werden, um Ackerland zu gewinnen. Im Zuge von Flurbereinigungen wurden Gewässer begradigt und Auen entwässert. Hangflächen mit hohem Erosionspotential wurden in die Ackernutzung genommen. Diese Maßnahmen haben in vielen Gewässerabschnitten zu erheblichen Beeinträchtigungen des Natur- und Wasserhaushalts geführt:

- Die Begradigung von Gewässern und der Verlust von Überschwemmungsflächen zum Hochwasserrückhalt führen zu schnell anlaufenden und extremen Hochwasserspitzen. Besiedelte Überschwemmungsgebiete, insbesondere an den Unterläufen großer Gewässer, sind zunehmend hochwassergefährdet.
- Überschwemmte Ackerflächen und Hanglagen erodieren und führen zum Verlust wertvollen Bodens. Gedüngter Boden gelangt in das Gewässer und führt zu übermäßigem Wachstum von Algen und Wasserpflanzen sowie Verschlammung der Sedimente. Mineralische Dünger, Wirtschaftsdünger sowie Pflanzenschutzmittel können bei intensiver Nutzung direkt oder durch zufließendes Grundwasser in die Bäche gelangen.
- Durch die Begradigung der Gewässer, Trockenlegung von Feuchtwiesen, Rodung von Auwäldern etc. geht wertvoller Lebensraum für Pflanzen und Tiere verloren.
- Mit Schutzpflanzungen oder Umwandlung von Acker- in Grünland kann Wasser jedoch auf natürliche Weise auch in der Landschaft gespeichert und zurückgehalten werden.

#### Siedlungstätigkeit

Der ständige Bedarf an Siedlungs- und Verkehrsflächen führt lokal zu einem starken Gewässerausbau und der Errichtung von Schutzdämmen gegen Hochwasser: zwar ist der Flächenverbrauch in Bayern rückläufig, dennoch werden pro Tag rund 20 ha freie Landschaft in Siedlungs- und Verkehrsflächen umgewandelt. Rund 10 Prozent der Landesfläche entfällt auf diese Nutzungen, rund ein Drittel der Siedlungs- und Verkehrsflächen (rund 2.400 Quadratkilometer) ist wasserdicht versiegelt.

Ein hoher Anteil an Versiegelung kann insbesondere nach Starkregen zu einer örtlichen Hochwasserverschärfung beitragen (► Modul C 1.3). Die hohe Siedlungskonzentration führt zur Freisetzung von Luftschadstoffen durch Energiegewinnung und Verkehr, zu Gewässerverunreinigungen nach Schadensfällen mit wassergefährdenden Stoffen, zu Problemen der Abfallbeseitigung u. v. m., die sich als flächenhafte diffuse Belastungen im Wasserkreislauf wiederfinden. Abwasserleitungen werden im ► Modul D 1.2, ihre Auswirkungen auf die Gewässergüte werden im ► Modul E behandelt.

### Freizeit und Erholung

Als wichtigste Freizeitnutzungen sind das Wandern und Radeln am Gewässer, Bootfahren und Angeln sowie Baden, Surfen oder Segeln zu nennen. Durch Freizeitnutzung oder neuartige Freizeitsportaktivitäten (zum Beispiel River Rafting) werden mancherorts auch schutzwürdige Lebensräume für Pflanzen und Tieren bedroht.

Bei der Überleitung von Altmühl- und Donauwasser in das Regnitz-Main-Gebiet wurde für das fränkische Städtedreieck Nürnberg-Fürth-Erlangen eine neue und attraktive Freizeit- und Erholungslandschaft geschaffen. Ähnliches gilt für das neue Oberpfälzer Seenland, das aus den ehemaligen Braunkohletagebaugruben bei Schwandorf entsteht.

### Sonstige Gewässernutzungen

Die Nutzung des Gewässergefälles, insbesondere an abflussstarken Gewässern zur Stromerzeugung, hat in den letzten Jahrzehnten stark zugenommen.

In Bayern werden ca. 15 Prozent der Bruttostromerzeugung über die Wasserkraft gewonnen. Sie ist damit mit Abstand die bedeutendste regenerative Energiequelle, die zur Luftreinhaltung beiträgt. Erzeugt werden jährlich rund 13 Milliarden Kilowattstunden in 4.270 Wasserkraftanlagen, davon über 90 Prozent in den 218 großen Anlagen über 1.000 Kilowatt Ausbauleistung.

Wasserkraftanlagen sind jedoch nur dann umweltfreundlich, wenn auch die Gewässerökologie nicht nennenswert beeinträchtigt wird. Vermehrte Algenbildung im Staubereich kann die Wasserqualität verschlechtern, Stauwerke können den Fischzug behindern. Der Rückhalt des natürlichen Geschiebes kann unterhalb der Wasserkraftanlagen zu Eintiefungen des Gewässers führen. Bei Wasser-

kraftanlagen muss daher zur Erhaltung der Durchgängigkeit der Gewässer eine Wanderhilfe für Wasserlebewesen eingerichtet werden und eine ausreichende Wassermenge im Gewässerbett gewährleistet sein.

## 1.3 Schutz der Gewässer vor flächenhaften anthropogenen Belastungen

### 1.3.1 Nährsalzbelastung der Fließgewässer

Tab. B1 auf der folgenden Seite zeigt die Belastung der Fließgewässer mit Nährsalzen (in der Wasserwirtschaft als „Nährstoffe“ bezeichnet).

Im Vergleich fällt auf, dass die Stickstoffbelastung der Fließgewässer hauptsächlich aus diffusen Quellen der landwirtschaftlichen Bodennutzung herrührt. Haupteintragspfade sind dabei Grundwasser und Direkteinleitungen.

Die Phosphorbelastung der Fließgewässer stammt hingegen zu einem deutlich höheren Anteil aus punktförmigen Quellen, wobei häusliche Abwässer und industrielle Indirekteinleiter die Hauptanteile ausmachen. Deshalb sind Maßnahmen der weitergehenden Abwasserreinigung durch Ausbau der dritten Reinigungsstufen für die Verminderung der Phosphoreinträge besonders wirksam (► Modul D 1.2). Die diffusen Phosphoreinträge über den Grundwasserpfad sind nahezu vernachlässigbar, die oberflächlichen Bodenabschwemmungen über Erosion machen jedoch rund ein Drittel der Gesamteinträge aus.

Bei den Nährsalzeinträgen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen sind folgende Prozesse von besonderer Bedeutung:

- Überdüngung landwirtschaftlicher Nutzflächen, insbesondere die Ausbringung von Gülle im Herbst auf Winterbrache (Nitrat ins Grundwasser),
- Auswaschung von Nitrat in den Wintermonaten, insbesondere auf stark durchlässigen (sandigen oder karstigen) Böden,
- Erosion von Ackerflächen (insbesondere Mais) während Starkregen oder in Überschwemmungsgebieten (Phosphor und Stickstoff).

A

B

C

D

E

F

G

Tab. B 1

Stickstoff- und Phosphoreinträge in Fließgewässer in Deutschland; Quelle: Umweltbundesamt 1994

	Stickstoff	Phosphor
<b>Gesamteintrag (in 1.000 t/a)</b>	<b>1.040</b>	<b>100</b>
<b>Anteil diffuser Einträge gesamt (%)</b>	<b>61</b>	<b>48</b>
Davon Grundwasser (ca. 90 % aus landwirtschaftlichen Nutzflächen)	39	1
Davon Direkteinleitungen (Düngemittel, Oberflächenabfluss, nicht kanalisierte Abwässer etc.)	8	12
Davon Niederschlag	2	1
Davon Erosion	7	31
<b>Anteil punktförmiger Einträge gesamt (%)</b>	<b>39</b>	<b>52</b>
Davon industrielle Abwässer (%)	8	6
Davon Regenwasserbehandlung	3	8
Davon häusliche Abwässer und industrielle Indirekteinleiter	28	38

Hohe Nährstoffsaltbelastungen führen in stehenden, staugeregelten und langsam fließenden Gewässern zu verstärktem Pflanzen- und Algenwachstum und beeinträchtigen die Wasserqualität erheblich (► Modul E 1.5.3).

#### Maßnahmen

Zur Reduzierung der Nährsalzbelastung der Fließgewässer werden an Gewässern Schutzstreifen mit natürlichem Bewuchs als Pufferzone zu landwirtschaftlichen Nutzflächen geschaffen. Daneben strebt die Landwirtschaft durch den Bau von Güllebehältern, Bedarfsdüngung anhand vorheriger Bodenuntersuchungen und durch Grünlandnutzung erosionsgefährdeter Flächen eine Minderung der Nährstoffbelastung der Gewässer an.

#### 1.3.2 Belastung durch Luftschadstoffe

Durch den Straßenverkehr und die Stromerzeugung in Wärmekraftwerken gelangen Stick- und Schwefeloxide in die Luft, welche mit dem Regenwasser Säuren bilden. Saurer Regen führt schließlich zur Versauerung des Bodens.

Wälder „kämmen“ diese Schadstoffe in verstärktem Maße durch ihr dichtes Nadelkleid aus der Luft. In Gebieten mit kalkarmen Böden (Spessart, Fichtelgebirge, Bayerischer und Oberpfälzer Wald) sind Grund- und Oberflächengewässer durch flächenhaften Schadstoffeintrag versauert. Der Wald ist als natürlicher Schutzschild des Grundwassers geschädigt.

Durch Maßnahmen der Abgasreinigung, insbesondere bei Kraftfahrzeugen und im Kraftwerksbereich, wird versucht, den Ausstoß von Luftschadstoffen zu reduzieren.

#### 1.3.3 Grundwasserverunreinigung durch wassergefährdende Stoffe

Viele Stoffe, die von Industrie und Gewerbe hergestellt und verwendet werden, können das Wasser gefährden, etwa Chlorkohlenwasserstoffe, Benzin oder Öle. Besonders problematisch sind jene Stoffe, die aufgrund guter Löslichkeit, geringer Abbaubarkeit oder großer Mobilität zu weitreichenden und lang andauernden Verunreinigungen des Grundwassers führen können.

Abfälle müssen auf Deponien entsorgt werden. Insbesondere ältere Deponien genügen jedoch den heute geltenden Sicherheitsbestimmungen nicht mehr. In Bayern wurden ca. 12.000 „Altlastenverdachtsflächen“ überprüft, darunter über 9.000 Altablagerungen (häufig ehemalige kommunale Müllkippen) und fast 3.000 ehemalige Industrie- und Gewerbeflächen. Soweit von diesen Altablagerungen Gefahren ausgehen, werden technische Verfahren zur Gefahrenabwehr ergriffen. In diesem Zusammenhang hat sich die Abdeckung von Altdeponien mit Tonschichten als sehr wirkungsvoll erwiesen. Auf diese Weise werden weitere Auslaugungen durch das Regenwasser unterbunden.

*Abfälle müssen auf Deponien entsorgt werden. Insbesondere ältere Deponien genügen jedoch den heute geltenden Sicherheitsbestimmungen nicht mehr!*

## 1.4 Literatur

### a) Broschüren und amtliche Schriften

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Wasserland Bayern*. 83 S., München 1999

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Bayern-Agenda 21*. 452 S., München 1998

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Wasserwirtschaft in Bayern: Grundwasser*, Heft 28. 53 S., München 1994

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Wasserbilanz Bayern. Reihe Informationsberichte Heft 3/93*

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Der Gewässerkundliche Dienst Bayern. Reihe Informationsberichte Heft 3/98*

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit: *Wasser. Reihe Magazin-spezial*, 9. Ausgabe. 82. S., Neuherberg 1994

### b) didaktisch aufbereitete Schulliteratur

Pews-Hocke, C. u.a.: *Wasser*. Lehrerheft und Themenheft für den fachübergreifenden Lernbereich *Naturwissenschaften*. PAETEC-Verlag, 1997

Scharf, K.H. und Zieris, F.-J. (Hrsg.): *Gewässergefährdungen, Praxis der Naturwissenschaften Heft 1/42*, 1993. Aulis-Verlag, Köln



A

B

C

D

E

F

G

## 2 Schüleraktivitäten

Hier finden Sie die Arbeitsblätter:

- BA1** Ermittlung der Fläche eines Gewässereinzugsgebietes
- BA2** Eingriffe des Menschen prägen das Einzugsgebiet eines Gewässers

### 2.1 Schwerpunktfächer

#### **Erdkunde**

Im Vordergrund steht die Kartenarbeit im Klassenzimmer. Damit wird eine Grundforderung des Erdkundeunterrichts aller Schularten erfüllt: sachgemäßer Umgang mit Karten. Auf der Basis von topographischen Kenntnissen und Fähigkeiten erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass Landschaften sowohl von natürlichen Kräften geprägt als auch durch anthropogene Einflüsse überformt werden. Sie untersuchen Landschaften also stets in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise, wobei sie zwischen natur- und kultur-geographischen Gesichtspunkten unterscheiden.

In den vorgestellten Unterrichtseinheiten sollen die Schülerinnen und Schüler den Verlauf eines schulnahen Gewässers, am besten eines Baches, verfolgen und beschreiben und so dessen Einbettung in seine Umgebung anhand der Karte erkennen. Dabei sollen ihnen die vielfältigen menschlichen Eingriffe und deren Auswirkungen auf den Lebensraum sichtbar und bewusst werden. In anschaulicher Weise sollen die Schülerinnen und Schüler am Beispiel des Heimatraumes raumwirksame Prozesse erkennen und erfassen, dass diese sich auch auf das eigene Leben auswirken.

#### **Mathematik**

Die im Mathematikunterricht vermittelten Kenntnisse und Fähigkeiten können fächerübergreifend eingesetzt werden. Insbesondere der „rechnerische Umgang“ mit verschiedenen Maßstäben, das Ansetzen und Lösen von Dreisatz-Aufgaben und das Umrechnen in verschiedene Einheiten/Benennungen sollen hier praxisbezogen angewandt werden. Zudem werden die Schülerinnen und Schüler angehalten, in sachlogischen Zusammenhängen zu

denken und daraus Lösungsstrategien zu entwickeln. Auf diese Weise kann es gelingen, die Vernetztheit aller in der Schule vermittelten Lernprozesse bewusst und einsichtig zu machen.

#### **Biologie**

Das Fach Biologie wird bei diesen theoretischen Arbeiten mit topographischen Karten nur am Rande tangiert. Dennoch kann es Beiträge zu Vegetation, Natur- und Kulturlandschaft, Lebensräumen, Schutzgebieten, gefährdeten Pflanzen und Tieren sowie zum Thema „Gesunderhaltung des Menschen“ leisten.

### 2.2 Ausweitung

Bei den Unterrichtseinheiten/Projekten sollte nach dem theoretischen auch ein praktischer Teil vor Ort folgen. Dabei kann im Rahmen eines Unterrichtsganges überprüft werden, ob die während der Kartenarbeit im Klassenzimmer gefundenen Ergebnisse auch mit der Realität übereinstimmen. Sollten sich gravierende Unterschiede herausstellen, dann sind die Ursachen hierfür zu suchen.

Insgesamt werden beim Unterrichtsgang neben erdkundlichen besonders biologische Inhalte im Vordergrund stehen.

## Ermittlung der Fläche eines Gewässereinzugsgebietes

### Materialien

- ✓ Topographische Karte im Maßstab 1 : 25.000
- ✓ Folie für Overheadprojektor
- ✓ Folienstift

### Aufgabe

Ermittelt die **Fläche des Einzugsgebietes** eines Gewässers aus dem Heimatraum. Geht dabei so vor, wie es unten am Beispiel des „Heiligenbaches“ vorgestellt ist.

### Vorgehen

- ① Zeichnet mit dünnem Folienstift ein **Raster** mit 2 cm Gitterabstand auf die Folie.
- ② **Markiert Mündung** und **Quelle** des zu untersuchenden Gewässers in der Karte. Kennzeichnet auch die Quellen der ihm zufließenden Gewässer.
- ③ **Zeichnet** diese Gewässer deutlich mit blauer Farbe **nach**.
- ④ Legt die **Grenze des Einzugsgebietes** in roter Farbe fest. Dazu müsst ihr die Höhenlinien in der Karte genau betrachten. Beginnt an der Mündung und zeichnet die Grenze längs der höchsten Geländelinien (Höhenlinien) zum Nachbar-einzugsgebiet. Das Gebiet innerhalb der roten Linie ist die gesuchte Fläche des Einzugsgebietes.
- ⑤ Bestimmt die **Größe der Fläche des Einzugsgebietes**:
  - a) Legt die gerasterte Folie über das rot markierte Einzugsgebiet und zählt die Rasterquadrate aus. Unterscheidet dabei zwischen ganzen, drei viertel, halben und viertel Quadraten.
  - b) Berechnet nun die Fläche des Einzugsgebietes. Ihr könnt dabei nach dem unten vorgestellten Beispiel verfahren:

### Beispiel

#### Heiligenbach (siehe Abb.)

Maßstab M = 1 : 25.000; 1 cm (**Karte**)  $\hat{=}$  250 m (**Wirklichkeit**)

1 Rasterquadrat = 4 cm<sup>2</sup> auf der **Karte**

1 Rasterquadrat  $\hat{=}$  (250 m x 250 m) x 4 = 250.000 m<sup>2</sup> = 0,25 km<sup>2</sup> in der **Wirklichkeit**

Die Auszählung der Rasterflächen innerhalb der roten Einzugsgebietslinie ergibt am Beispiel des Heiligenbaches folgendes Ergebnis:

$$\begin{array}{rcl}
 33 & \times & \frac{1}{1} = 33 \quad \text{Rasterfelder} \\
 8 & \times & \frac{3}{4} = 6 \quad \text{Rasterfelder} \\
 7 & \times & \frac{1}{2} = 3,5 \quad \text{Rasterfelder} \\
 5 & \times & \frac{1}{4} = 1,25 \quad \text{Rasterfelder} \\
 & & \hline
 & = & 43,75 \quad \text{Rasterfelder insgesamt}
 \end{array}$$

$$43,75 \text{ Rasterfelder} \times 0,25 \text{ km}^2 = 10,94 \text{ km}^2$$

Das bedeutet: **Der Heiligenbach hat ein Einzugsgebiet von rund 11 km<sup>2</sup>**

## BA1

## Schüleraktivitäten

→ **Zusatzaufgabe**

für besonders schlaue (Rechen-)Köpfe.

Ihr könnt die Größe des Einzugsgebietes auch auf andere Art und Weise ermitteln. Dazu stehen euch folgende Hilfsmittel zur Verfügung:

- ✓ Rot markierte Fläche des Einzugsgebietes (siehe oben!)
- ✓ Kohlepapier/Bleistift
- ✓ Schere
- ✓ Sehr feine, genau gehende Waage, wie sie im Chemieunterricht verwendet wird.
- ✓ Angabe, wie schwer  $1 \text{ m}^2$  des verwendeten Papiers ist. Das häufig verwendete Papier für Kopierer, Laser- oder Inkjet-Drucker wiegt z. B.  $80 \text{ g/m}^2$ . Die  $\text{g/m}^2$ -Angaben findet man auf der Verpackung.
- ✓ Umrechnungshilfe

**B****Umrechnungshilfe**

$$1 \text{ m}^2 = 10.000 \text{ cm}^2$$

$$1 \text{ cm}^2 \text{ in der Karte (M = 1 : 25.000)} \triangleq 0,0625 \text{ km}^2 \text{ in der Wirklichkeit}$$

**Vorgehen**

- ① Die rot markierten Grenzen des Einzugsgebietes werden mit Hilfe des Kohlepapiers auf ein Blatt Papier **übertragen**.
- ② Nun schneidet man mit der Schere das Einzugsgebiet entlang der Grenzen aus und ermittelt mit der Präzisionswaage das **Gewicht der ausgeschnittenen Papierfläche**.
- ③ Über den **Dreisatz** wird die Fläche des Einzugsgebietes berechnet:

$$\text{Papiergewicht in g (siehe Verpackung)} \dots\dots\dots \triangleq 1 \text{ m}^2$$

$$\text{Gewicht der ausgeschnittenen Papierfläche} \triangleq X \text{ m}^2$$

$$X = \frac{\text{Gewicht der ausgeschnittenen Papierfläche (g)} \times 1 \text{ (m}^2\text{)}}{\text{Papiergewicht (g)}}$$

(Die Benennungen Gramm werden gekürzt)

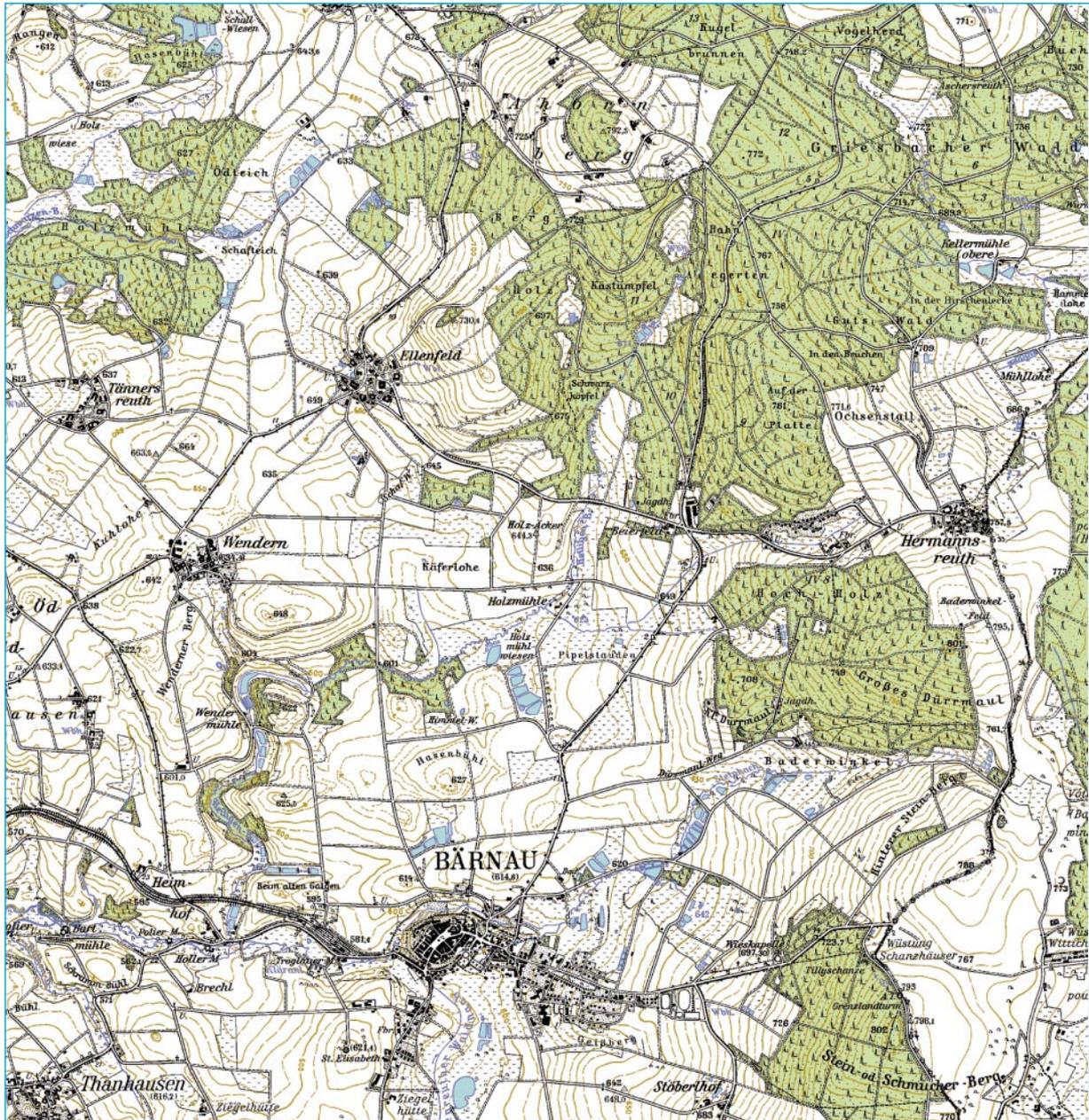
Die Umrechnung in  $\text{km}^2$  erfolgt mit Hilfe obiger Umrechnungshilfe.

**Auswertung**

- 1 Beschreibt, wie ihr **vorgegangen** seid, um zur **Lösung** zu kommen.
- 2 **Vergleicht** die beiden auf unterschiedliche Weise ermittelten Flächenergebnisse miteinander. Sollte ein großer Unterschied bestehen, dann sucht nach einer Erklärung hierfür (Fehleranalyse).

# Ermittlung des Einzugsgebiets des Heiligenbaches

## Teil 1



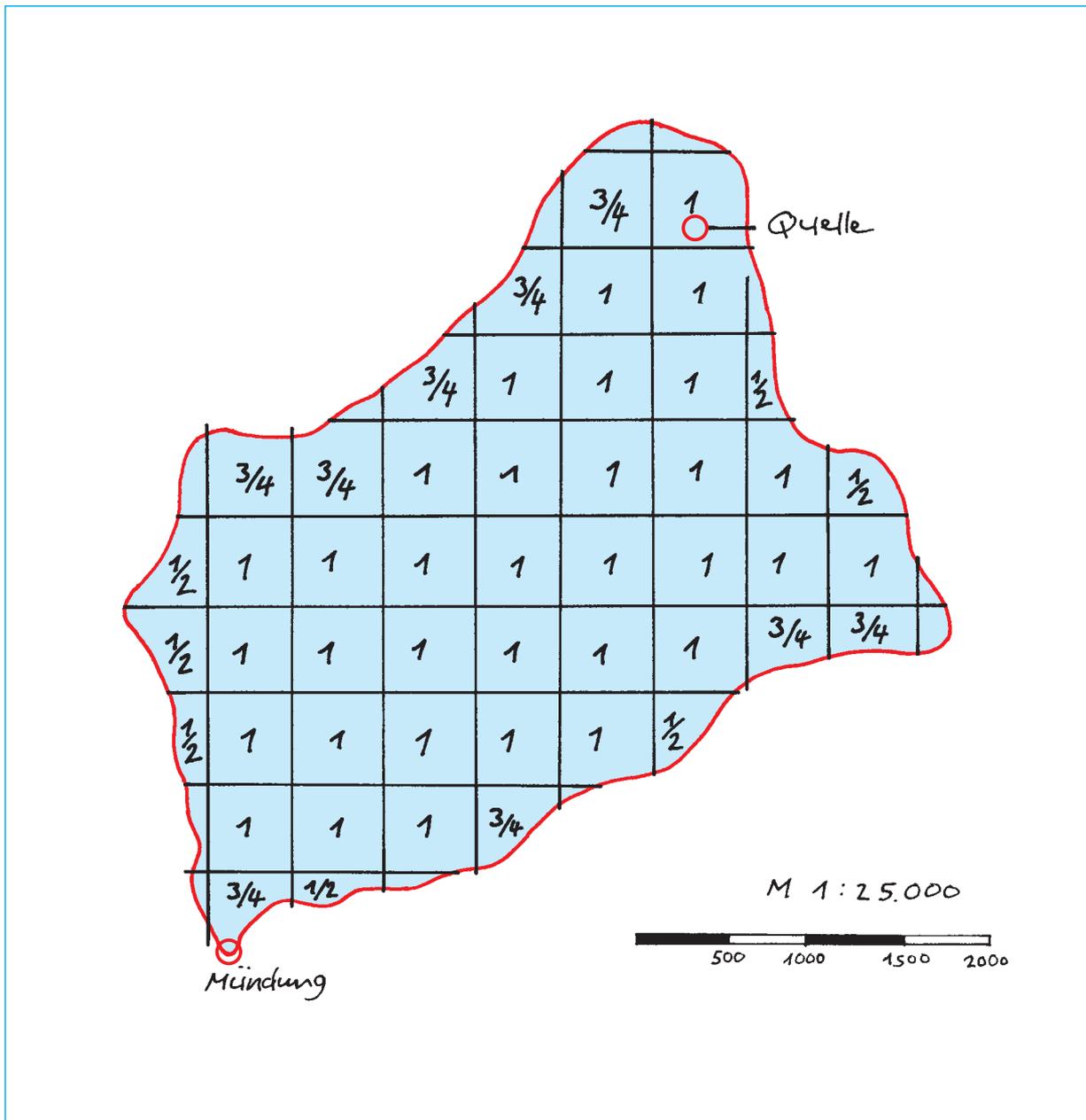
Der Heiligenbach

Kartengrundlage: Topographische Karte 1 : 25.000, Blatt-Nr. 6140;

Wiedergabe mit Genehmigung des Bayerischen Landesvermessungsamtes München, Nr. 3817/00

Teil 2

B



mit Einzugsgebiet

## Eingriffe des Menschen prägen das Einzugsgebiet eines Gewässers

### Aufgabe

Untersucht, wie stark **menschliche Eingriffe** das Einzugsgebiet eines Flusses/Baches prägen.

### Vorbemerkung

- Menschen nutzen das Einzugsgebiet eines Gewässers in vielfältiger Weise (Siedlungen, Landwirtschaft, Erholung, Freizeit ...).
- Durch Siedlung und Verkehr werden große Flächen versiegelt. Die bei starken Regenfällen anfallenden Wassermassen können deshalb nur mehr zum Teil im Boden versickern. Der Großteil des Regenwassers wird direkt in die Gewässer abgeleitet. Eine erhöhte Hochwassergefahr ist die Folge.
- Mit Zunahme der landwirtschaftlichen Bodennutzung steigt die Gefahr einer Nährstoffbelastung der Gewässer durch Phosphat und Nitrat.
- Viele Gebiete werden in Ferienzeiten und am Wochenende zu Freizeit und Erholung genutzt. Durch den Ausbau der Infrastruktur werden auch die Einzugsgebiete vieler Gewässer und die Uferbereiche von Seen in Mitleidenschaft gezogen.
- Das Fließgefälle der Gewässer wird seit dem Mittelalter als Antrieb für Hämmer und in unserer Zeit zur Stromgewinnung genutzt. Das Aufstauen von Bächen und Flüssen führt zu einem Verlust strömungsreicher Gewässerabschnitte. Zudem versperren Wehre den Fischen den Laichzug zu den Oberläufen. Als Ausgleich sind Wanderhilfen in Form von Umleitungsgerinnen erforderlich.

### Materialien

- ✓ Topographische Karte M = 1 : 25.000
- ✓ Folie mit Raster (siehe Arbeitsblatt zur Ermittlung der Fläche des Einzugsgebietes eines Gewässers)

### Auswertung

- 1 Entsprechend der Vorgehensweise zur Flächenermittlung des Einzugsgebietes eines Gewässers sind die **Flächenanteile** für Siedlungen, Wald, Wiesen, Ackerland und Wasserflächen zu **ermitteln**.
- 2 Mit Hilfe der Topographischen Karte könnt ihr
  - die **ungefähre Anzahl der Einwohner** bestimmen,
  - ermitteln, ob – und wenn ja, welche – **Einrichtungen** für Freizeit/Erholung/ Fremdenverkehr (Bäder, Badegewässer, Hotels, Radwege ...) vorhanden sind,
  - die Anzahl von **Triebwerken** bestimmen.
- 3 Überlegt euch, wie ihr vorgehen müsst, um zu erfahren wieviele **Einwohner je km<sup>2</sup>**
  - in eurem Landkreis,
  - in Bayern wohnen.



**BA2**

Schüleraktivitäten



**Auswertung**

Flächennutzung im Einzugsgebiet des .....

Datum der Erhebung: ..... Drucklegung der Karte: .....

**Flächenangaben**

Einzugsgebiet	km <sup>2</sup>	100 %
Siedlungs- und Verkehrsflächen	km <sup>2</sup>	%
Wald	km <sup>2</sup>	%
Wiesen	km <sup>2</sup>	%
Ackerland	km <sup>2</sup>	%
Wasserflächen	km <sup>2</sup>	%

**Einwohner**

Zahl der Einwohner im Einzugsgebiet	
Einwohner je km <sup>2</sup> im Einzugsgebiet	
Einwohner je km <sup>2</sup> im Landkreis	
Einwohner je km <sup>2</sup> in Bayern	

Erläutert, wie ihr die Einwohnerwerte je km<sup>2</sup> erhalten habt.

.....

.....

.....

.....

**Einrichtungen für Freizeit / Erholung / Fremdenverkehr:**

Folgendes konnten wir aus der Karte herauslesen:

Einrichtung	häufig	selten
.....		
.....		
.....		

**Nutzung der Wasserkraft durch:**

Einrichtung	häufig	selten
.....		
.....		
.....		



→ **Rechenbeispiel**

zur Nutzung der Wasserkraft:

Um herauszufinden, wie viel Energie man mit Hilfe des Gewässers gewinnen könnte (= Ausbauleistung), müsst ihr folgende Rechnung anstellen:

$$\text{Ausbauleistung (kw)} = \text{Fallhöhe (m)} \times \text{Wasserführung (m}^3/\text{s)} \times 8 \text{ (Konstante)}$$

**Abkürzungen**

kw = Kilowatt   m = Meter   m<sup>3</sup> = Kubikmeter   s = Sekunden   h = Stunde   a = Jahr

**Je kw Ausbauleistung können 8.760 kwh/a gewonnen werden.**

Die Fallhöhe könnt ihr aus der Karte (Höhenlinien) herauslesen. Überlegt euch, woher ihr den Wert für die durchschnittliche Wasserführung des Gewässers bekommen könnt. Tragt die entsprechenden Ergebnisse unten ein.

	Daten	Herkunft der Daten
<b>Fallhöhe</b>	m	aus der topographischen Karte
<b>Wasserführung</b>	m <sup>3</sup> /s	
Ausbauleistung	kwh/a	durch Berechnung
jährlicher Stromverbrauch zu Hause	kwh/a	
Für wie viele Haushalte würde diese Energie ausreichen?	Haushalte	durch Berechnung

Sucht nach Gründen, weshalb man nicht die volle Ausbauleistung nutzt.

.....

.....

.....

**Präsentation**

Eure gemeinsam erarbeiteten **Ergebnisse** sollt ihr in Form eines kurzen **Vortrages vorstellen**, in dem ihr die Themafrage beantwortet und diese begründet. Erwähnt dabei auch, wie und wo ihr eure Informationen beschafft habt. Die unten angegebenen Punkte sollen euch als Gliederung dienen.

1. **Vergleicht** die jeweiligen Flächenanteile untereinander. Beschreibt euer Ergebnis.
2. Beschreibt die **Besiedlungsdichte** des Untersuchungsgebietes. Nennt dazu auch entsprechende **Vergleichswerte**.
3. Wie wird das Untersuchungsgebiet für **Freizeit und Erholung** genutzt? Welcher **Nutzen**, welche **Belastungen** ergeben sich daraus? Kann man bereits von **Tourismus** sprechen? Begründet.
4. Wird die **Wasserkraft am Gewässer** genutzt? Wenn ja, wie wird sie genutzt? Wie viel **Energie** könnte man theoretisch **mit Hilfe des Gewässers** gewinnen? Vergleicht diesen Wert mit dem **eigenen Stromverbrauch**.



## Beschreibung eines Fließgewässers

C

### 1 *Sachinformationen*

1.1	Einteilung der Fließgewässer und Gewässerunterhaltung	58
1.2	Der Abfluss, eine wichtige wasserwirtschaftliche Größe	59
1.3	Hochwasser	62
1.4	Eingriffe in Fließgewässer	64
1.5	Gewässerrenaturierung	66
1.6	Literatur	66



## 1 Sachinformationen

Fließgewässer sind als Ökosysteme niemals in sich geschlossen, sondern immer in einem engen Zusammenhang mit der Umgebung, dem Einzugsgebiet, zu betrachten. Fließgewässer zeichnen sich gegenüber Seen durch einen ständigen gerichteten Transport sowie durch eine enge Vernetzung mit der umgebenden Landschaft aus. Als fließende Welle strömt der Wasserkörper entsprechend dem Geländegefälle talwärts. Die vollständige Beschreibung eines Fließgewässers schließt immer auch die angrenzende Aue mit ein.

Die folgenden Sachinformationen

- liefern eine Grobeinteilung der Fließgewässer als Grundlage für eine korrekte Beschreibung und für eine Zuordnung der Zuständigkeiten bei der Gewässerunterhaltung,
- beschreiben die Bedeutung des Abflusses als wesentliche wasserwirtschaftliche Grundlage,
- geben eine Übersicht über Strukturelemente im und am Gewässer und über technische Maßnahmen des Gewässerausbaus,
- erläutern Maßnahmen der Gewässerrenaturierung.

### 1.1 Einteilung der Fließgewässer und Gewässerunterhaltung

Natürliche Fließgewässer entstehen überall dort, wo Grundwasser in Quellen austritt: das Wasser sammelt sich über einer dichten Schicht und tritt, der Schichtneigung folgend, seitwärts aus. Die Schichtquelle ist am weitesten verbreitet. Treten Quellen in einem Band oder einer Linie aus, so spricht man von einem Quellenband oder einer Quellenlinie. Weiter können u. a. Quellseen und aus dem Gestein austretende Sturzquellen (Überfallquellen) unterschieden werden. In Hochgebirgslagen treten auch Schmelzwasseraustritte von Gletschern auf. Einen Sonderfall der Entstehung größerer Fließgewässer stellen Seeausflüsse dar, wie z. B. die Alz (Chiemsee), die Würm (Starnberger See) oder die Amper (Ammersee).

Mit zunehmender Fließstrecke nimmt die Wasserführung des Fließgewässers zu; diese Wasserführung fließt aber wegen des geringer werdenden Gefälles langsamer ab. Daraus lässt sich pragmatisch eine Grobeinteilung der Fließgewässer ableiten (Tab. C1):

Durch technische (wasserbauliche) Maßnahmen können die genannten Fließgewässerabschnitte verändert werden. Das Aufstauen mit Hilfe von Wehren und Dämmen führt zu staugeregelten Gewässern (Teiche, Stauseen) mit wesentlichen Änderungen der Gewässercharakteristik. Künstlich angelegte Gewässer sind Gräben (z. B. Entwässerungsgräben) und Kanäle (z. B. Kraftwerkskanäle, Schifffahrtsstraßen).

Von dieser Grobeinteilung leiten sich unterschiedliche Unterhaltungsverpflichtungen ab (Tab. C2), die in den Vorgaben des Bayerischen Wassergesetzes geregelt sind. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von Aufgaben, die als Unterhaltungsmaßnahmen bezeichnet werden:

- Räumung und Reinigung des Gewässerbettes,
- Entfernung von Eis, Abflusshindernissen und festen Stoffen,
- Förderung der biologischen Wirksamkeit,
- naturnahe Gestaltung der Ufer und Uferstreifen,
- Uferschutz.

Für die konkreten Fallbeispiele der im Unterricht zu behandelnden Gewässer kann die Zuständigkeit bei der Gemeinde oder dem örtlichen Wasserwirtschaftsamt erfragt werden (► Modul G). Möglichkeiten zur Übernahme von Bachpatenschaften werden ebenfalls im Modul G erläutert.

## 1.2 Der Abfluss, eine wichtige wasserwirtschaftliche Größe

Der Abfluss spielt bei der Beschreibung der Gewässer eine ganz wesentliche Rolle. Er ist zudem die Grundlage für die Bewirtschaftung der Gewässer im Interessenausgleich der Gewässerbenutzer und Anlieger, der Gewässerökologie und des Natur- und Artenschutzes. Als „Abfluss“ oder „Wasserführung“ wird die in einem Gewässerabschnitt fließende Wassermenge bezeichnet. Der Abfluss wird als Volumenstrom in l/s angegeben, bei großen Flüssen ist auch die Einheit m<sup>3</sup>/s gebräuchlich.

Gewässertyp	Abfluss bei Niedrigwasser (l/s)	Breite (m)	Wassertiefe (m)
Rinnsal	< 10 l/s	< 0,5 m	< 0,1 m
Bach	10 – 100 l/s	0,5 – 2 m	0,1 – 0,5 m
kleiner Fluss	100 – 5.000 l/s	2 – 10 m	0,5 – 1,0 m
großer Fluss (Strom)	> 5.000 l/s	> 10 m	> 1,0 m

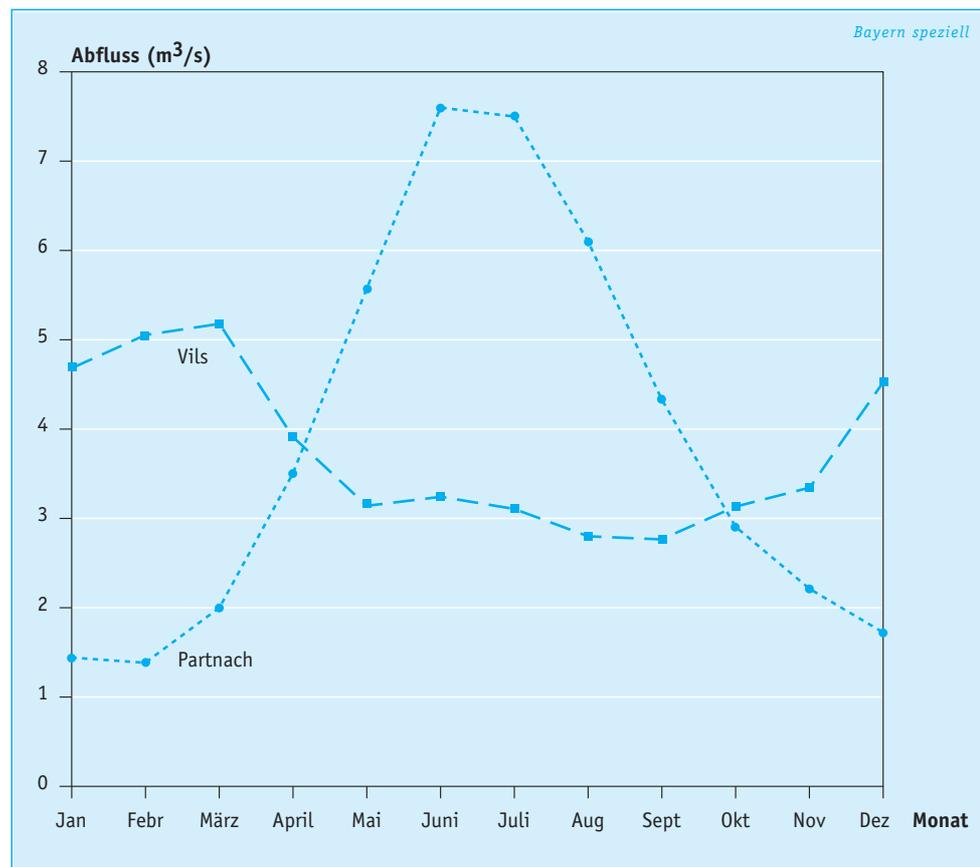
Tab. C1  
Grobeinteilung der Fließgewässer

Gewässerordnung	Gewässertyp	Länge in Bayern (km)	Unterhaltungsverpflichtung
1. Ordnung	großer Fluss, Ströme	4.200	Freistaat Bayern (Wasserwirtschaftsämter); Bund bei Bundeswasserstraßen
2. Ordnung	kleiner Fluss	4.800	Wasserwirtschaftsämter im Auftrag der Bezirke
3. Ordnung	Bäche, Kleingewässer	ca. 60.000	Gemeinden, Wasser- und Bodenverbände
	Wildbäche	12.000	
	künstliche Gewässer; Bereiche im Umgriff von Anlagen		Betreiber von Anlagen (z. B. Mühlen, Triebwerke) und Gewässerbenutzer

Tab. C2  
Unterhaltungsverpflichtungen für Fließgewässer

Abb. C1

Vergleich der Abflussregime zweier Flüsse (langjährige Monatsmittel)



Die **Abflussermittlung** gliedert sich in folgende Teilschritte:

1. Auswahl eines geeigneten Gewässerabschnittes
2. Bestimmung der Bachbreite, der Tiefe und des Querschnitts an der Messstelle
3. Bestimmung der Fließgeschwindigkeit an der Messstelle
4. Berechnung des Abflusses

Die Abflüsse natürlicher Fließgewässer bleiben im Lauf eines Jahres nicht konstant, sie unterliegen vielmehr regelmäßigen Änderungen.

Die **Abb. C1** zeigt die Entwicklung der Abflüsse im Jahresverlauf (Abflussregime) für zwei kleine Flüsse im Vergleich. Dargestellt sind die monatlichen Durchschnittsabflüsse aus langen Messzeiträumen für die zur Isar entwässernde Partnach in Oberbayern (Pegel Partenkirchen; voralpiner Fluss) und für die Vils, die im Flussgebiet der Naab in der Oberpfalz liegt (Pegel Amberg, Mittelgebirgs-/Flachlandfluss).

Die grundlegenden Unterschiede sind unmittelbar ersichtlich: Während voralpine Gewässer bei wesentlich stärkeren Abflussschwankungen häufig in den Sommermonaten zur Zeit der Schneeschmelze und starker Sommerregen die höchste Wasserführung auf-

weisen, zeigen die Mittelgebirgs- und Flachlandbäche häufig einen gänzlich anderen Verlauf mit geringeren Schwankungen, wobei die höchsten Wasserführungen im Winterhalbjahr auftreten.

Jedoch können auch kurzfristige Witterungsereignisse, z. B. ergiebige und heftige Regenfälle, vor allem bei kleineren Fließgewässern innerhalb kurzer Zeit zu starken Abflusszunahmen führen. Verzehnfachungen des Abflusses innerhalb eines Tages sind dabei keine Seltenheit.

Die dargelegte Abflussdynamik erfordert regelmäßige und langzeitliche Messungen. Sie werden von den Wasserwirtschaftsämtern an einer Vielzahl von Gewässern vorgenommen. Die **Abb. C2** gibt einen Überblick über das staatliche Pegelnetz mit 730 Pegeln.

An jeder Pegelmessstelle werden die Wasserstände mit selbstschreibenden Messeinrichtungen (Schwimmerpegel, Druckpegel) kontinuierlich registriert. Regelmäßige Abflussmessungen ermöglichen die Berechnung des Abflusses für sämtliche gemessenen Wasserstände.

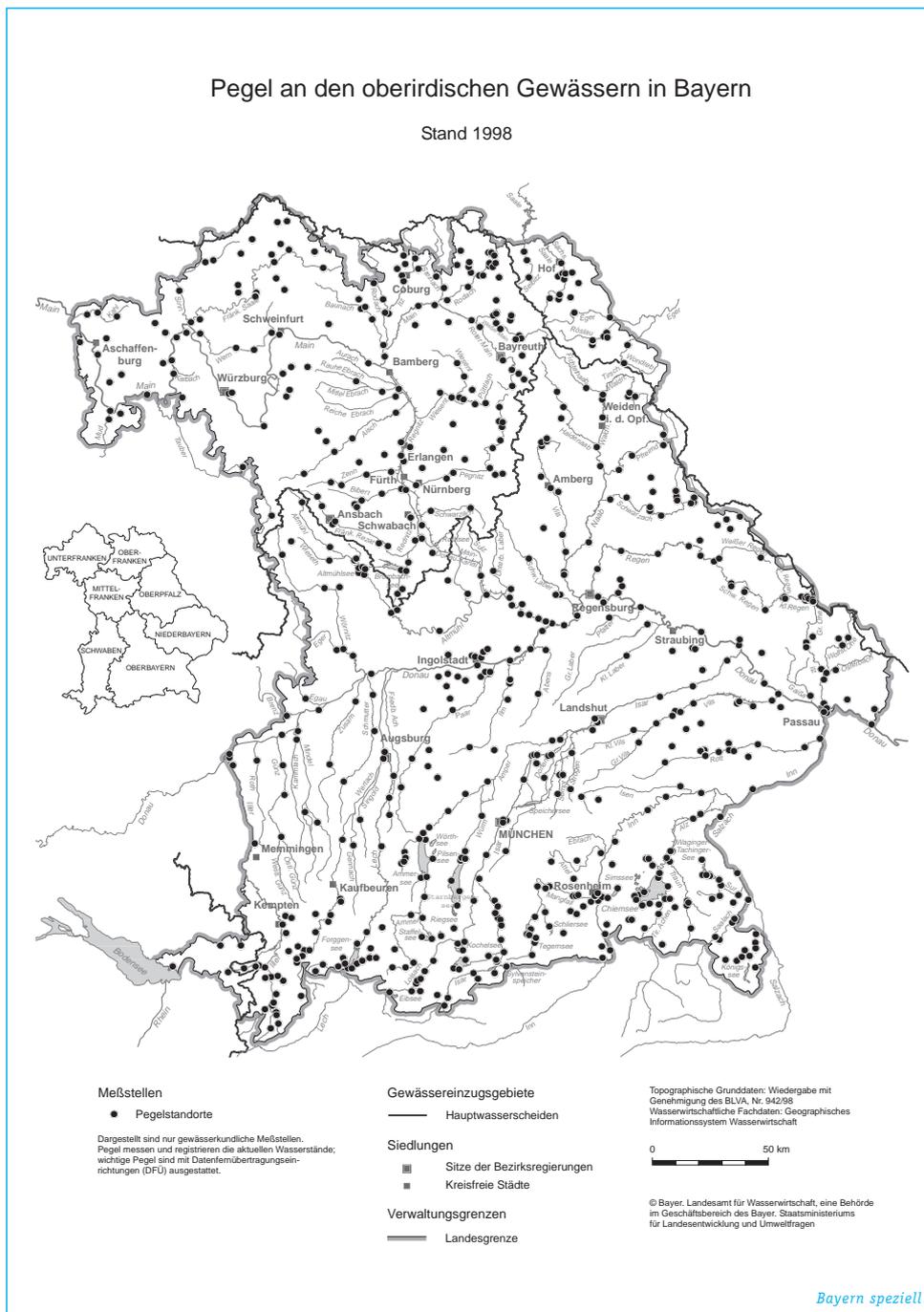


Abb. C2

Überblick über das staatliche Pegelnetz in Bayern

A

B

C

D

E

F

G

Für die betreffenden Gewässer liegen bei den zuständigen Wasserwirtschaftsämtern die Informationen als aufbereitete Datenausdrucke vor und können dort erfragt werden. Darüber hinaus gibt es bei zahlreichen Gewässern Lattenpegel, an denen die aktuellen Wasserstände abgelesen werden können.

Die zur Abflussermittlung notwendigen Größen können mit geringem Aufwand auch von den Schülern selbst bestimmt werden.

Als Messzeitpunkte empfehlen sich

- stabil niedrige Abflüsse in länger andauernden Trockenperioden,
- einzelne Ereignisse mit hoher Abflussdynamik, z. B. Mehrfachmessungen bei und nach ergiebigen Regenfällen.

Die von den Wasserwirtschaftsämtern und weiteren Betreibern von Pegelanlagen gewonnenen Abflussdaten haben für eine Reihe von Fragestellungen Bedeutung, wie die Tabelle zeigt (Tab. C3):

Tab. C3

Praktische Bedeutung der Abflussdaten

Abflussverhältnisse	Aspekt	Bedeutung für
Maximalabflüsse	Hochwassersicherheit, Hochwasserrückhaltung, Überschwemmungsgebiete	Anlieger, Nutzer, Gemeinden
kurzzeitige Abflussspitzen	Hochwasserwarnung	Polizei, Katastrophendienst, Anlieger, Nutzer
niedrige Abflüsse	Wasserentnahmen	Betreiber von Anlagen, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kühlwasser</li> <li>• Wasserkraft</li> <li>• Bewässerung</li> </ul>
niedrige Abflüsse	Einleitungen	Betreiber von Anlagen, z. B. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kläranlagen</li> <li>• gewerbliche Einleiter</li> </ul>
Abflussdynamik	Gewässerökologie, Umlandbeeinflussung	Fachstellen Natur- und Umweltschutz, Verbände

### 1.3 Hochwasser

Hochwasser entsteht, wenn zu viel Niederschlag in kurzer Zeit vom Boden nicht aufgenommen werden kann, sondern in die Bäche und Flüsse abfließt, die dann über die Ufer treten. Regen, der versickern kann oder zurückgehalten wird, erzeugt kein Hochwasser. Je undurchlässiger der Boden ist, je weniger bewachsen und je steiler das Gelände, desto mehr Niederschlag kann sofort oberflächlich abfließen. Das Hochwassergeschehen wird also vom Wetter und von den Verhältnissen im Einzugsgebiet bestimmt: Die Wiege des Hochwassers ist nicht das Gewässer, sondern die Landschaft! In Bayern ist es in den letzten Jahren wiederholt zu größeren Hochwassern mit erheblichen Schäden gekommen, z. B. 1988 an der niederbayerischen Donau, im Dezember/Januar der Jahre 1993 und 1995 in Nordbayern und zu Pfingsten 1999 in Schwaben und Oberbayern.

Hochwasser treten verstärkt und gehäuft auf, wenn

- der Boden gefroren oder durch tagelangen Regen bereits wassergesättigt ist,
- die Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens verringert ist, zum Beispiel durch
  - starke Besiedelung und künstliche Versiegelung,
  - Bodenverdichtung durch landwirtschaftliche Nutzung der umliegenden Flächen,

- in kleinen Flussgebieten örtlich heftige Regen niedergehen,
- beim Ausbau der Flüsse Rückhalteräume beseitigt wurden,
- die Rückhaltung in der Landschaft durch Flussbegradigungen verringert wurde.

Dabei können vor allem kleinere Gewässer mit einem hohen Anteil an versiegelten Flächen sich innerhalb kurzer Zeit in reißende Flüsse verwandeln, bei denen der Wasserstand sich verzehnfacht. Bei großen Einzugsgebieten laufen Hochwasser gedämpfter ab, klingen jedoch länger nach, wie die **Abb. C3** zeigt.

Einen absoluten Schutz des Menschen vor Hochwasser kann es aus technischen und ökonomischen Gründen nicht geben. Maßstab für den Ausbau technischer Hochwasserschutzeinrichtungen in besiedelten Bereichen ist deshalb das 100-jährliche Hochwasser, das durchschnittlich nur alle hundert Jahre einmal auftritt.

Dafür hat der Freistaat Bayern in den vergangenen 10 Jahren 670 Mio Mark in den Hochwasserschutz investiert. Seit 1954 wurden in Bayern 23 große Wasserspeicher errichtet, die rund 160 Mio Kubikmeter Hochwasser zurückhalten können, z. B. an der Isar (Sylvensteinspeicher), der niederbayerischen Rott und der niederbayerischen Vils. Technische Hochwasserfreilegungen bestehender Siedlungsgebiete und gewachsener Städte, z. B. in Würzburg, Bamberg, Schweinfurt, Burghausen

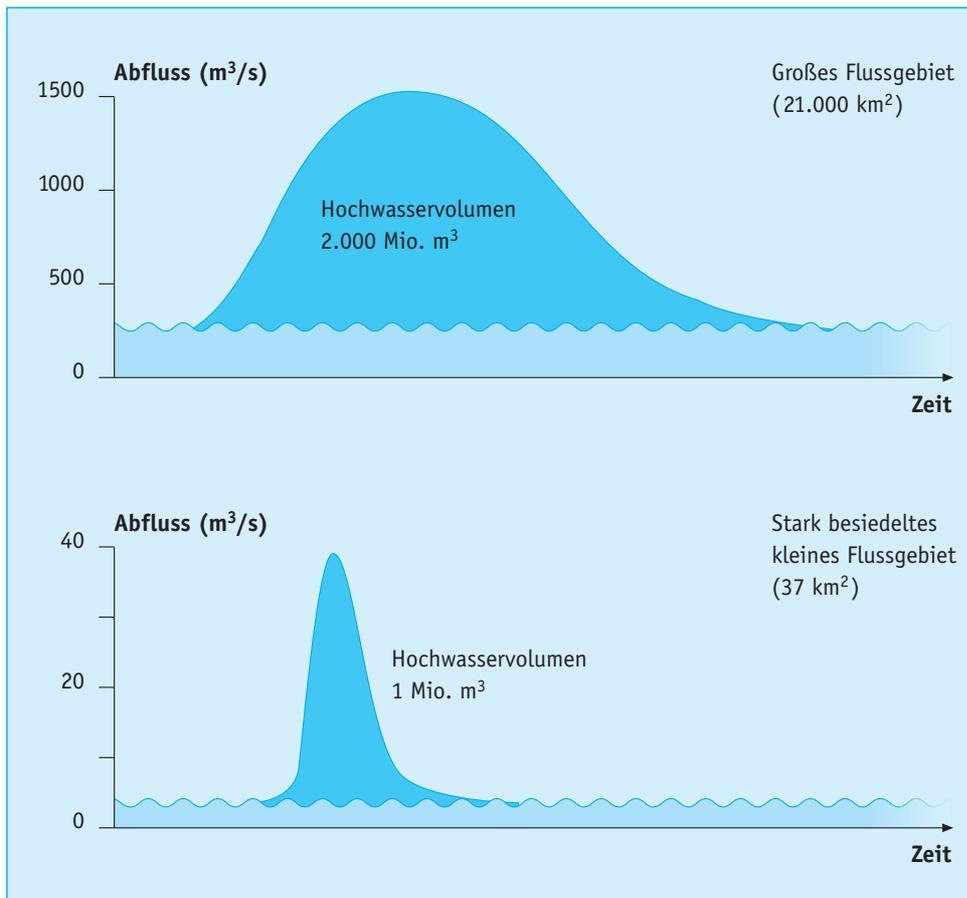


Abb. C3

Ablauf von Hochwasserereignissen im Vergleich zweier Flussgebiete

A

B

C

D

E

F

G

an der Salzach und Wasserburg am Inn sind jedoch im Regelfall technisch aufwändige und teure Lösungen.

Ein wirksamer Hochwasserschutz durch natürliche Wasserrückhaltung muss deshalb

- natürliche Überschwemmungsgebiete, Flutmulden und Polder erhalten und ausbauen,
- abflusshemmende Kleinstrukturen wie Feldraine, Böschungen, Geländemulden erhalten oder schaffen und Gewässer naturnah ausbauen,
- Regenwasser verstärkt versickern lassen und Flächenentsiegelungen fördern,
- Bodenverdichtung oder Bodenerosion bei der landwirtschaftlichen Flächennutzung vermeiden und vermindern,
- Überschwemmungsgebiete von Siedlungsaktivitäten freihalten,
- bereits bestehende und gefährdete Gebäude und Anlagen hochwassergerecht einrichten.

Ob auch die Klimaänderungen zu vermehrten Hochwassern führen, lässt sich derzeit noch nicht gesichert beurteilen. Weil Hochwasser (und die dazugehörigen extremen Niederschlagsereignisse) statistisch zufällig auf-

treten, können sie auch nicht vorhergesagt werden.

Eine möglichst frühzeitige und rasche Warnung der unmittelbar Betroffenen ist deshalb notwendig, um Maßnahmen zur Abwehr von Hochwasser, den Schutz der Anlieger und Einrichtungen und den Schutz der materiellen Güter in den betroffenen Gebieten zu gewährleisten. Gezielt werden dann z. B. Verkehrswege gesperrt, Arbeitsstätten geräumt, Versorgungsanlagen gesichert, Güter aus der Gefährdungszone entfernt.

Das Prinzip „Messen-Melden-Warnen“ ist mit dem Hochwassernachrichtendienst in Bayern verwirklicht. Grundlage dafür sind mehr als 320 Pegel an 40 Flüssen. Die aktuellen Wasserstände können dort mit modernen Datenfernübertragungseinrichtungen abgefragt werden. Unter der Leitung des bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft und der Wasserwirtschaftsämter als dezentrale Hauptmeldestellen werden die Hochwasserdaten und Wetterdaten gesammelt, ausgewertet und in Hochwassernachrichten weitergegeben. Sie können im Internet unter [www.bayern.de/lfw/hnd](http://www.bayern.de/lfw/hnd) aktuell abgerufen werden.

A

B

C

D

E

F

G

## 1.4 Eingriffe in Fließgewässer

Der in seinem Gewässerbett fließende Bach scheint auf den ersten Blick eine stabile Einheit zu sein. Betrachtet man die Verhältnisse indes genauer, dann stellen sich die Beziehungen des Gewässers mit seinem Umland als ein äußerst dynamisches System dar: der Fluss „arbeitet“ in der Landschaft.

Je nach Fließgeschwindigkeit, Gefälle, den auftretenden Abflüssen und den geologischen Verhältnissen kommt es dabei zu folgenden Prozessen:

- Eintiefung des Gewässerbettes im Oberlauf, Tiefenerosion,
- Bildung von Kiesbänken und Altwässern durch Verfrachtung von Kiesmaterial bei Hochwasser,
- Auflandung von Sand- und Schlammablagerungen im Unterlauf,
- Verlängerung der Laufentwicklung durch Mäanderbildungen mit asymmetrischem Querschnitt (Prallhang mit Unterschneidungen des Uferbereichs, Gleithang mit Anlandungen von Feinmaterial) in den Flusskrümmungen oder durch Verzweigung (► **Abb. C 4**),
- Bildung von Feuchtbiotopen, Altwässern und Auen mit regelmäßiger Überschwemmung bei Hochwasser.

Diese Vorgänge kann man bei Fließgewässern beobachten, die sich „natürlich“ entwickeln dürfen. Menschliche Eingriffe (z. B. Uferverbauungen) hatten früher meistens zum Ziel, eine solche Entwicklung zu verhindern. Heute müssen Maßnahmen ergriffen werden, die die natürliche Entwicklung wieder ermöglichen.

Mit der allgemeinen Erschließung der Landschaft, vor allem im Zusammenhang mit der verstärkten Siedlungstätigkeit in den Tallagen von Flüssen, wurden die ursprünglichen Gewässerlandschaften umgestaltet. Dabei stand der Schutz des Menschen vor Hochwasser im Mittelpunkt, aber auch vielfältige Nutzungen spielten eine wichtige Rolle. Deshalb finden sich heute bei nahezu allen Gewässern Strukturelemente des technischen Gewässerausbaus, die sich grob einteilen lassen (**Tab. C 4**).

**Tab. C 4**

Strukturelemente des technischen Gewässerausbaus

Strukturelemente	Zweck des Gewässerausbaus
Deiche und Dämme	Hochwasserschutz, Stauhaltungen
Begradigung von Gewässern	Verbesserung der Siedlungsmöglichkeiten, „Landgewinn“
Längsbauwerke am Ufer, z. B. Ufermauern, Wasserbausteine	Ufersicherung, Verhinderung der Seitenerosion
Bauwerke quer zur Fließrichtung, z. B. Abstürze, Sohlschwellen	Verhinderung der Sohleintiefung
Wehre und Abstürze	Steuerung und Regelung bei Entnahmen, Wasserkraftnutzung
(betonierte) Seitenkanäle, Ausleitungen	Ableitung von Wasser aus dem natürlichen Gewässer für Nutzungen
Speicher, Talsperren	Hochwasserrückhaltung, Wasserkraftnutzung Aufhöhung bei Niedrigwasser, Freizeit und Erholung

► Folienteil

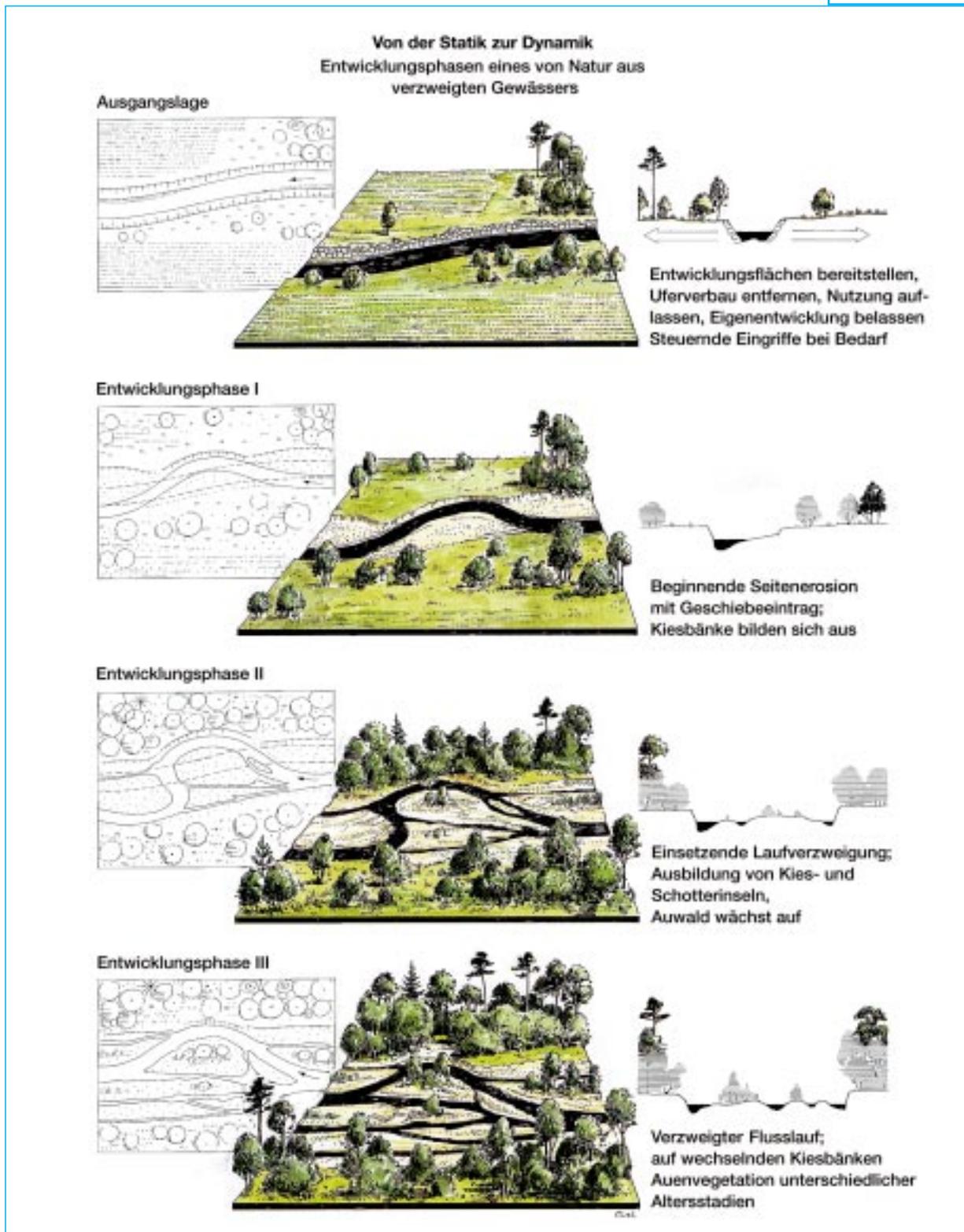


Abb. C4

Ingenieurbiologische Maßnahmen des Gewässerausbaus: Verlängerung der Laufentwicklung durch Verzweigung

Tab. C5

A Auswirkungen technischer Maßnahmen des Gewässerausbaus

Maßnahme	Nebenwirkung	Konsequenz
Begradigung, Versiegelung, Flächenentwässerung	Abflussbeschleunigung	Verstärkte Hochwassergefahr
Querbauwerke, Triebwerke, Wehre	Behinderung der Längsdurchgängigkeit	Barrierewirkung, v. a. für Fische
Eindämmung	Verlust von Überschwemmungsgebieten	Verlust von Aue- und Altwassern, Verringerung der Lebensraumvielfalt, Verlust von Rückzugsräumen, Verlust des Gefährdungsbewusstseins
Speicherung	Hochwasserrückhalt Geschieberückhalt	geringere Abflussdynamik, schlechtere Substratqualität, Verfestigung von Kiesbänken, Eutrophierung des Speicherbeckens

B

C

D

E

F

G

## 1.5 Gewässerrenaturierung

Technische Eingriffe haben vielfach tiefgreifende nachteilige Nebenwirkungen zur Folge. In **Tab. C5** werden entsprechende Beispiele aufgeführt.

Zunehmend werden heute deshalb Maßnahmen der Gewässerrenaturierung und des ökologischen Gewässerausbaus durchgeführt (► **Abb. C4**). Seit Ende der siebziger Jahre wurden in Bayern bei insgesamt rund 500 Renaturierungsvorhaben einschließlich Grunderwerb über eine Milliarde DM aufgewendet.

Das aktuelle Leitbild der naturnahen Gewässergestaltung ist gekennzeichnet durch

- Einheit von Fluss und Aue (Überschwemmungsgebiete),
- Dynamik von Abflussgeschehen und Bettverlagerung (Eigenentwicklung),
- Durchgängigkeit für Gewässerorganismen,
- gewässertypische Vielfalt der Lebensräume.

## 1.6 Literatur

### a) Broschüren und amtliche Schriften

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Wasserland Bayern*. 83 S., München 1999

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Bayern-Agenda 21*. 452 S., München 1998

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Flüsse, Auen, Täler – erhalten und entwickeln*. Reihe *Wasserwirtschaft in Bayern*, Heft 30, 84 S., München 1997

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Flüsse, Bäche, Auen – pflegen und gestalten*. Broschüre, 39 S., München 1993

Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Gewässerpflege – Neue Wege*. Faltblatt Nr. 24, München 1996

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft: *Grundzüge der Gewässerpflege*. Schriftenreihe Heft 21, München 1987

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Stauseen in Bayern*. Reihe *Wasserwirtschaft in Bayern*, Heft 31, 96 S., München 1997

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Hochwasserschutz bayerischer Städte*. Reihe *Wasserwirtschaft in Bayern*, Heft 32, 96 S., München 1998

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Lebensraumtyp Gräben. Landschaftspflegekonzept Bayern* Band II.10. 135 S., München 1994

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Lebensraumtyp Bäche und Bachufer. Landschaftspflegekonzept Bayern* Band II.19. 340 S., München 1994

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Wasserbilanz Bayern*. Reihe *Informationsberichte* Heft 3/93, München 1993

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Der Gewässerkundliche Dienst Bayern*. Reihe *Informationsberichte* Heft 3/98, München 1998

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Hochwasser*. Reihe *Spektrum Wasser* 1, 80 S., München 1998

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): Faltblatt *Hochwasser*. München 1998

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (Donaugebiet, Maingebiet) 1995*. 266 S., München 1999 (Abflussdaten von 172 Pegeln bayerischer Flüsse)

#### b) didaktisch aufbereitete Schulliteratur

Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung: Unterrichtseinheit *Hochwasser* (Doppelstunde, Manuskript mit Farbfolien). Zu beziehen über die regionalen Wasserwirtschaftsämter oder über das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft, München 1999

*Fließgewässer*. Unterricht Biologie Heft 59, Friedrich Verlag, Seelze, 1981

*Ökosystem Stadtbach. Praxis der Naturwissenschaften (PdN)* Heft 2/43, Aulis-Verlag, Köln 1994

*Wasser. Lernchancen* 1/98, Friedrich Verlag, Seelze 1998

#### c) einführende Lehrbücher und Fachliteratur

Brehm, J./Meijering, M. P. D.: *Fließgewässerkunde*. 295 S., Quelle & Mayer Verlag, Heidelberg 1996

Gradl, T.: *Leitfaden der Gewässergüte*. Oldenbourg Verlag, München 1981

Niemeyer-Lüllwitz, A. u. a.: *Rettet die Bäche. Natur & Umwelt – Praxis Band 2*, München 1988

Niemeyer-Lüllwitz, A. u. Zucchi, H.: *Fließgewässerkunde*. 224 S., Sauerländer Verlag, Frankfurt 1985

Kern, K.: *Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung*. 256 S., Springer Verlag, Berlin 1994

*Die Wiege des Hochwassers  
ist nicht das Gewässer,  
sondern die Landschaft!*



A

B

C

D

E

F

G

## 2 Schüleraktivitäten

Hier finden Sie die Arbeitsblätter:

- CA1** Bestimmung des Querprofils eines Fließgewässers
- CA2** Bestimmung von Strömung und Abfluss eines Fließgewässers
- CA3** Beschreibung eines Fließgewässers – Bett, Ufer, Aue (\*):
  - Aufgaben
  - Checkliste
  - Bewertungsbogen
- CA4** Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers (\*):
  - Aufgaben
  - Checkliste
  - Bewertungsbogen
- CA5** Bestimmung von Überschwemmungsflächen
- CA6** Gewässerbeschreibungen im Vergleich
- CA7** Orientierungslauf am Fließgewässer

(\*): Bitte beachten Sie auch die **didaktischen Vorüberlegungen** (Nr. C 2.3)!

### 2.1 Beiträge zu den Unterrichtsfächern

#### Chemie

Einfache Bestimmung von Stoffeigenschaften mit den eigenen Sinnen

#### Biologie

- Beschreiben biotischer und abiotischer Faktoren eines Ökosystems
- Der Einfluss menschlichen Handelns auf ein Ökosystem
- Bewertung eines Ökosystems

#### Mathematik

- Ermittlung des Flächeninhaltes unregelmäßiger Flächen
- Rechnen mit Maßstäben

#### Erdkunde

- Orientierung im Raum
- Arbeiten mit Landkarten
- Kennenlernen des heimatlichen Lebensraums

#### Physik

- Aufstellen einer Messreihe
- Grafische Darstellung einer Messreihe
- Strömung
- Geschwindigkeit

#### Deutsch

- Vergleich von Texten (Zweck, Stilmittel etc.)
- Kreatives Schreiben von Texten

### 2.2 Ausweitung

Zur Beschreibung eines Fließgewässers bietet sich die Bestimmung weiterer physikalischer und chemischer Faktoren (Temperatur, Sauerstoffgehalt, Nitratgehalt ...) an (► Arbeitsblätter **EA4**, **EA5**). In vielen Fällen kann eine geschichtliche Betrachtung eines Fließgewässers unter Verwendung älteren Kartenmaterials sinnvoll sein. Auf diese Weise könnten die ökologischen Auswirkungen menschlicher Eingriffe und der Bedeutungswandel eines Fließgewässers im Lauf der Zeit erarbeitet werden.

### 2.3 Didaktische Vorüberlegungen

Die Checklisten zur Beschreibung eines Fließgewässers (**CA3**) und zur Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers (**CA4**) dienen der Ermittlung der Naturnähe eines Fließgewässers. Das Bewertungsschema kann aufgrund des stark vereinfachten Verfahrens nicht zu einem genauen Ergebnis führen. Dennoch ist eine Tendenz erkennbar. Die Schüler lernen dabei aber Bewertungskriterien und das Bewertungsprinzip kennen.

## zu CA3

**Checkliste zur Beschreibung eines Fließgewässers**

Die Checkliste soll helfen, das Gesamtgewässer zu charakterisieren. Sie ist ein vereinfachter Auszug aus dem Feldprotokoll, das die Fachleute der Wasserwirtschaftsämter verwenden. Das Punktesystem wurde für eine einfache schulische Auswertung entwickelt.

**C****Auswertung der Checkliste:**

Die Checkliste kann für alle Arten von Fließgewässern eingesetzt werden. Je Rubrik (Nummern 1 – 18) sollte jeweils nur die vorherrschende Eigenschaft angekreuzt werden.

Für eine stark vereinfachte zusammenfassende Bewertung kann das Punktesystem herangezogen werden (s. Bewertungsbogen): Innerhalb jeder Rubrik wird jedem Begriff eine bestimmte Punktzahl zugeordnet (je natürlicher, desto mehr Punkte). Die Anwendung der Punkteskala ist jedoch nur für Bäche und kleine Flüsse zu empfehlen. Für kleine Rinnsale und große Flüsse ist sie nicht zweckmäßig.

Für die Auswertung mit Punktezahlen wird unterschieden zwischen

- voralpinen Bächen (**v**),
- sonstigen Bächen (**s**),  
z. B. Flachlandbäche, Bäche des tertiären Hügellandes, Mittelgebirgsgebäche.

Weil einzelne Begriffe und Elemente je nach Bachtyp unterschiedlich zu bewerten sind, ist die Festlegung, ob es sich um ein voralpines oder sonstiges Gewässer handelt, **vor** der Auswertung mit Punktezahlen zu treffen. Maßgeblich dafür ist die Region und Lage des untersuchten Gewässers. Für die Nummern 1, 2, 6, 12 und 17 sind keine Punktezahlen vergeben, weil sie jeweils nur den Gewässertyp und seine Eigenschaften näher beschreiben und keine Bewertung beinhalten.

Die Punktzahlen der angekreuzten Begriffe werden addiert. Die Gesamtpunktzahl drückt den Grad der Natürlichkeit eines Gewässers aus.

**Auswertungsvorschlag**

Punktzahl	Grad der Natürlichkeit
> 80	natürlich
79 – 60	naturnah
59 – 40	wenig naturnah
39 – 20	belastet, naturfern
19 – 0	stark belastet, sehr naturfern

**Hinweis**

Für die Geruchsbestimmung können aus dem Chemieunterricht Referenzproben in Präparategläschen verwendet werden.

**Erläuterung zu den Rubriken**

1. Bedeutung des Gewässers regional/überregional
2. Hinweis auf Talform (flach, breit, enges Kerbtal) sowie Gefälle bzw. Gewässerausbau
3. Hinweis auf Mächtigkeit bzw. Vielfalt des Lebensraumes, der Tier- und Pflanzenarten
4. Hinweis auf Vielfalt („wechselnd“!) des Lebensraumes bzw. Mächtigkeit des Gewässers
5. Fließgewässerlebensräume werden durch menschliche Eingriffe immer seltener – Wassertiere sind an bestimmte Fließgeschwindigkeiten angepasst, viele an einen engen Bereich
6. Hoher Wasserstand erlaubt es nicht, an die an Mittelwasser angepassten Lebensräume vieler Kleintiere zu gelangen – im Hochwasserbereich finden sich kaum Tiere
8. Hinweis auf Gesteinsabrieb, Baumaßnahmen, landwirtschaftlich bedingte Erosion, Einleitungen
9. + 10. Hinweis auf Herkunft bzw. Belastung des Wassers, auch natürlich (Moor, sich zersetzende Algen)
11. + 12. Je mehr Verkräutung, desto reicher das Leben im Gewässer – desto größer die Tag-/Nachtschwankungen des Sauerstoffgehalts im Wasser (Gefahr von Fischsterben), desto größer auch die Abflussbehinderung (unter Umständen Mähaktionen zur Gewässerunterhaltung erforderlich); Der Geschiebetrieb „putzt“ die Steine; Treibsand bietet Pflanzen und Tieren kaum Halt.

13. Hinweis auf lebensfeindliche Schadereignisse und die inzwischen vergangene Zeit
14. Beschattung des Gewässers: Je mehr Schatten auf dem Wasser, desto weniger Pflanzen, Tiere, Fische im Wasser; Nährstoffe ziehen ungenutzt weiter; Anhaltspunkt für Nährstoffangebot je nach Artenzusammensetzung
15. Hinweis auf Nährstoffe am Ufer bzw. dortige Nutzungsmöglichkeiten
16. dadurch mildernde Wirkung auf die Hochwassersituation bei den Unterliegern
18. Lebensalter der wieder angesiedelten Organismen; strukturelle Qualität: Schlammsubstrate bieten nur für Spezialisten Lebensraum, künstliche Substrate sind oft besiedlungsfeindlich

Die Punktzahlen der angekreuzten Begriffe werden addiert. Die Gesamtpunktzahl drückt die Naturnähe bzw. das Ausmaß technischer Verbauung im Gewässer aus.

Punktzahl	Grad der technischen Verbauung im Gewässer
> 70	natürliche Strukturen
69 – 40	naturnahe Strukturen
39 – 20	technisch verbaut
19 – 0	technisch stark verbaut

## zu CA4

### Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers

#### Auswertung der Checkliste

Die Checkliste „Strukturelemente“ bewertet, in welchem Ausmaß die Gewässerabschnitte durch technische Einrichtungen verbaut sind. Sie ermöglicht damit eine detaillierte Erfassung und Bewertung der technischen Bauwerke. Die allgemeine Charakterisierung des Gewässers und des Umlands kann mit der Checkliste **CA3** vorgenommen werden.

Die Checkliste kann für alle Arten von Fließgewässern eingesetzt werden. Je Rubrik (Nummern 1 – 8) sollte jeweils nur ein Begriff oder Element angekreuzt werden, das vorherrscht.

Für eine stark vereinfachte zusammenfassende Bewertung kann das Punktesystem herangezogen werden (s. Bewertungsbogen): Innerhalb jeder Rubrik wird jedem Begriff eine bestimmte Punktzahl zugeordnet.

## CA6

Der literarische Text ist ein Ausschnitt aus *Blick auf Rhein und Main* von Carl Zuckmayer.

Der technische Text entstammt aus einer Fachveröffentlichung *Hochwasserschutz bayerischer Städte* (Heft 32 der Schriftenreihe *Wasserwirtschaft in Bayern*, Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 1999).

## Bestimmung des Querprofils eines Fließgewässers

### Materialien

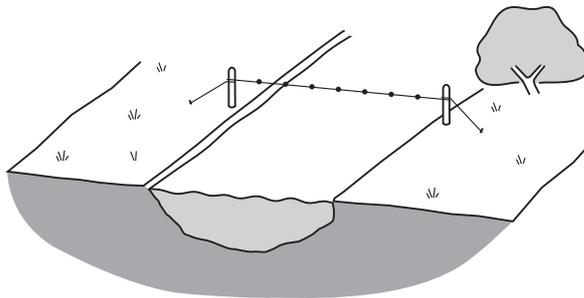
- ✓ 2 Campingheringe oder Pflöcke
- ✓ 1 Hammer
- ✓ 1 Seil mit Markierungen (wasserfestes Isolierband) im Abstand von 25 cm
- ✓ 1 Besenstiel oder 1 Lot (Seil) mit Längenmarkierungen
- ✓ Bleistift
- ✓ Radiergummi
- ✓ Geodreieck
- ✓ Schreibunterlage
- ✓ 1 Blatt kariertes Papier

### Aufgabe

Ermittelt das Querprofil eines Baches.

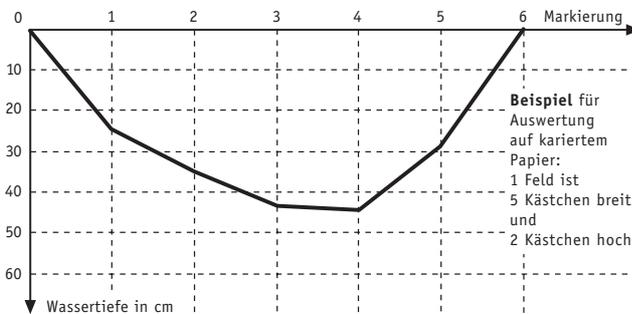
### Vorgehen

- ① Schlägt an jedem Ufer einen **Hering (Pflock)** in den Boden und spannt das markierte **Seil** (mit den 25 cm-Abständen) **über den Bach**.



- ② Eine Person geht gegen die Strömung vorsichtig auf das Seil zu und bestimmt an den markierten Stellen mit dem Besenstiel, dem Lot oder mit dem Messstab die **Wassertiefe**. **Notiert** den Wert bei jeder Markierung. (Bei tieferen Bächen muss die Gewässertiefe von einer Brücke gelotet werden.)

Markierung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Wassertiefe (cm)																	



- ③ Tragt die **Ergebnisse** in ein **Raster** auf kariertem Papier im Maßstab 1 : 10 ein und zeichnet den **Bachquerschnitt**.
- ④ Führt die Arbeitsgänge ① bis ③ sowohl an einem **geraden Bachabschnitt** als auch in einem **geschlängelten Abschnitt** (in der Kurve) durch.

### Auswertung

- 1 Ermittelt die Flächen der Bachquerschnitte durch Auszählen der Kästchen.
- 2 Berechnet die Bachquerschnittsflächen. Orientiert euch an der Beispielrechnung.
- 3 Vergleicht die Ergebnisse der verschiedenen Bachabschnitte.

### Beispielrechnung

Wenn der Bachquerschnitt in der Zeichnung 100 Kästchen groß ist:

**Seitenlänge** eines Kästchens: 0,5 cm

**Fläche** eines Kästchens:  $0,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} = 0,25 \text{ cm}^2$

**Bachquerschnittsfläche** in  $\text{cm}^2$ :  $0,25 \text{ cm}^2 \times 100 = 25 \text{ cm}^2$

Der **Längenmaßstab** ist 1 : 10; der **Flächenmaßstab** ist 1 : 100. Zur Berechnung der realen Fläche multipliziert man die Querschnittsfläche mit dem Flächenmaßstab:

**Wirkliche Bachquerschnittsfläche**:  $25 \text{ cm}^2 \times 100 = 2500 \text{ cm}^2$

## Bestimmung von Strömung und Abfluss

### Materialien

Zusätzlich (zu CA1)

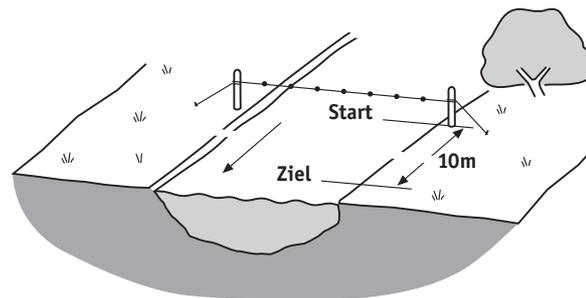
✓ 1 Meterstab ✓ 1 Uhr mit Sekundenzeiger ✓ Laub oder Äste

### Aufgabe

Bestimmt Strömung und Abfluss.

### Vorgehen

- ① Messt an dem mit Pflöcken gespannten Seil auf gerader Fließstrecke eine **Strecke von 10 m Fließrichtung** mit dem Meterstab ab und markiert den Endpunkt.



- ② Werft am Startpunkt einige Äste oder etwas Laub in die Mitte des Gewässers und stoppt mit der Uhr die **Zeit**, die das Material benötigt, um die **Strecke von 10 m zurückzulegen**. Wiederholt den Vorgang dreimal und bildet den **Durchschnittswert** aus den Einzelmessungen.
- ③ Ermittelt daraus die **Strömung** (Fließgeschwindigkeit) in m/s.
- ④ Ermittelt den **Abfluss**  
(Querschnittsfläche des Bachs an der Stelle A x Strömung an der Stelle A).
- ⑤ Ermittelt **Strömung und Abfluss an allen Stellen**, an denen ihr die Querschnittsfläche des Gewässers bestimmt habt, und vergleicht die Ergebnisse.

### Vertiefung

Falls für euer Gewässer ein Abflussmesspegel eingerichtet ist (beim zuständigen Wasserwirtschaftsamt nachfragen):  
Besorgt euch einen Datenausdruck über die Ergebnisse aus langjährigen Aufzeichnungen. Stellt die Ergebnisse in einer **Grafik für die monatlichen Durchschnittsabflüsse** dar (angegeben als „MQ-Werte“ in den Tabellen der Wasserwirtschaft).  
Tragt dazu die Monate auf der x-Achse, die Abflüsse (in l/s oder m<sup>3</sup>/s) auf der y-Achse auf.

**Beschreibt** das Ergebnis mit Worten:

Wann gibt es die höchsten, wann die niedrigsten Abflüsse im Jahresverlauf, wie groß ist die Spannbreite zwischen den Extremwerten?  
Wie ist das Ergebnis zu verstehen?

## Beschreibung, eines Fließgewässers – Bett, Ufer, Aue

### Aufgaben

#### Aufgaben

- 1 **Beschreibt** mit Hilfe der **Checkliste** einen **Abschnitt des Fließgewässers**.  
Kreuzt jeweils nur eine zutreffende Antwort an.
- 2 Bestimmt anhand der vollständig bearbeiteten Liste die **Natürlichkeit des Fließgewässers**.  
Ermittelt mit Hilfe des Bewertungsbogens die Gesamtpunktzahl eines Gewässerabschnittes.  
Lest aus der Bewertungshilfe den Grad der Natürlichkeit des Gewässerabschnittes ab.

#### Bewertungshilfe

Punktzahl	Grad der Natürlichkeit
> 80	natürlich
79 – 60	naturnah
59 – 40	wenig naturnah
39 – 20	belastet, naturfern
19 – 0	stark belastet, sehr naturfern

#### Auswertung

- 1 **Vergleicht** die Ergebnisse der verschiedenen Gewässerabschnitte.  
Gibt es Erklärungen für unterschiedliche Ergebnisse?
- 2 Für **welche Eigenschaft** hat das Fließgewässer **die wenigsten Punkte** erzielt (berücksichtigt nur die bepunkteten Eigenschaften)?  
Gibt es hierfür eine Erklärung?
- 3 Für **welche Eigenschaft** hat das Fließgewässer **die meisten Punkte** erzielt (berücksichtigt nur die bepunkteten Eigenschaften)?  
Gibt es hierfür eine Erklärung?
- 4 Mit welchen **Maßnahmen** würdet ihr die Natürlichkeit des Fließgewässers **verbessern**?
- 5 **Fasst** die Ergebnisse **zusammen**.

## CA3

Schüleraktivitäten

# → Beschreibung, eines Fließgewässers – Bett, Ufer, Aue

Checkliste

Aufgenommen am ..... Name des Bachs .....

Abschnitt von ..... bis ..... Gruppe .....

**Kreuze bei jeder Nummer nur ein Kästchen an!**

**1. Art des Gewässers**

- Rinnsal
- Bach
- kleiner Fluss
- großer Fluss (Strom)

**2. Laufentwicklung**

- gestreckt
- mäandrierend
- verzweigt

**3. Gewässerbreite**

- gleichmäßig
- wechselnd
- < 0,5 m
- 0,5 – 2 m
- 2 – 10 m
- > 10 m

**4. Gewässertiefe**

- gleichmäßig
- wechselnd
- < 0,1 m
- 0,1 – 0,5 m
- 0,5 – 1 m
- > 1 m

**5. Strömung**

- turbulent
- gleichförmig
- < 0,03 m/s
- < 0,5 m/s
- > 0,5 m/s

**6. Wasserstand**

- niedrig
- mittel
- hoch

**7. Beschattung**

- keine
- schwach
- stark

**8. Trübung**

- keine
- fast klar
- schwach
- stark

**9. Geruch**

- ohne
- schwach
- stark

**10. Geruchsart**

- erdig
- modrig
- jauchig
- Silage
- fischig
- aromatisch, chemisch
- Mineralöl
- Abwasser

**11. Verkräutung Ausmaß**

- gering
- mäßig
- stark

**12. Verkräutung mit**

- Moosen
- Oberwasserpflanzen
- Schwimmblattpflanzen
- Unterwasserpflanzen

**13. Besiedlungsfeindliche Faktoren**

- nichts bekannt
- vorher kein Wasser
- vorher Hochwasser
- starke Sedimentation
- Wanderhindernisse

**14. Uferbewuchs meist**

- wenig bewachsen
- Bäume + Sträucher
- Brennnessel
- Kräuter
- Gras
- Rohrglanzgras
- Röhricht
- Sonstige:  
.....

**15. Bodenbedeckung im Umkreis meist**

- Laubwald
- Auwald
- Mischwald
- Nadelwald
- Grünland
- Ackerland
- bebaute Flächen
- Verkehrsflächen
- Moor

**16. Hochwasserrückhalt**

- Speicherraum
- vorhanden
  - nicht vorhanden

**17. Fischregion**

- Forelle
- Äsche
- Barbe
- Brachse
- nicht bekannt

**18. Substrat-Art meist**

- Felsblöcke
- Grobkies
- Sand
- Schlamm
- Steinwurf
- Beton
- Spundwand
- Sonstige:  
.....

C

# Beschreibung, eines Fließgewässers – Bett, Ufer, Aue

## Bewertungsbogen

v voralpine Bäche

s sonstige Bäche, z. B. Flachlandbäche, Bäche des tertiären Hügellandes, Mittelgebirgsbäche

### 1. Art des Gewässers

- Rinnsal  
 Bach  
 kleiner Fluss  
 großer Fluss (Strom)

### 2. Laufentwicklung

- |                                       |          |          |
|---------------------------------------|----------|----------|
|                                       | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> gestreckt    | 10       | 5        |
| <input type="checkbox"/> mäandrierend | 5        | 10       |
| <input type="checkbox"/> verzweigt    | 5        | 5        |

### 3. Gewässerbreite

- |                                      |          |          |
|--------------------------------------|----------|----------|
|                                      | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> gleichmäßig | 0        | 5        |
| <input type="checkbox"/> wechselnd   | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> < 0,5 m     |          |          |
| <input type="checkbox"/> 0,5 – 2 m   |          |          |
| <input type="checkbox"/> 2 – 10 m    |          |          |
| <input type="checkbox"/> > 10 m      |          |          |

### 4. Gewässertiefe

- |                                      |          |          |
|--------------------------------------|----------|----------|
|                                      | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> gleichmäßig | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> wechselnd   | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> < 0,1 m     |          |          |
| <input type="checkbox"/> 0,1 – 0,5 m |          |          |
| <input type="checkbox"/> 0,5 – 1 m   |          |          |
| <input type="checkbox"/> > 1 m       |          |          |

### 5. Strömung

- |                                       |          |          |
|---------------------------------------|----------|----------|
|                                       | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> turbulent    | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> gleichförmig | 0        | 5        |
| <input type="checkbox"/> < 0,03 m/s   | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> < 0,5 m/s    | 5        | 10       |
| <input type="checkbox"/> > 0,5 m/s    | 10       | 10       |

### 6. Wasserstand

- niedrig  
 mittel  
 hoch

### 7. Beschattung

- |                                  |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|
|                                  | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> keine   | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> schwach | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> stark   | 10       | 10       |

### 8. Trübung

- |                                    |          |          |
|------------------------------------|----------|----------|
|                                    | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> keine     | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> fast klar | 5        | 10       |
| <input type="checkbox"/> schwach   | 5        | 10       |
| <input type="checkbox"/> stark     | 0        | 0        |

### 9. Geruch

- |                                  |          |          |
|----------------------------------|----------|----------|
|                                  | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> ohne    | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> schwach | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> stark   | 0        | 0        |

### 10. Geruchsart

- |                                               |          |          |
|-----------------------------------------------|----------|----------|
|                                               | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> erdig                | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> modrig               | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> jauchig              | 0        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Silage               | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> fischig              | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> aromatisch, chemisch | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Mineralöl            | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Abwasser             | 0        | 0        |

### 11. Verkrautung Ausmaß

- gering  
 mäßig  
 stark

### 12. Verkrautung mit

- Moosen  
 Oberwasserpflanzen  
 Schwimmblattpflanzen  
 Unterwasserpflanzen

### 13. Besiedlungsfeindliche Faktoren

- nichts bekannt  
 vorher kein Wasser  
 vorher Hochwasser  
 starke Sedimentation  
 Wanderhindernisse

### 14. Uferbewuchs meist

- |                                            |          |          |
|--------------------------------------------|----------|----------|
|                                            | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> wenig bewachsen   | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Bäume + Sträucher | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Brennnessel       | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Kräuter           | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Gras              | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Rohrglanzgras     | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Röhricht          | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Sonstige:         |          |          |
- .....

### 15. Bodenbedeckung im Umkreis meist

- |                                          |          |          |
|------------------------------------------|----------|----------|
|                                          | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> Laubwald        | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> Auwald          | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> Mischwald       | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> Nadelwald       | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Grünland        | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Ackerland       | 5        | 5        |
| <input type="checkbox"/> bebaute Flächen | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Verkehrsflächen | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Moor            | 5        | 5        |

### 16. Hochwasserrückhalt

- |                                          |          |          |
|------------------------------------------|----------|----------|
|                                          | <b>v</b> | <b>s</b> |
| Speicherraum                             |          |          |
| <input type="checkbox"/> vorhanden       | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> nicht vorhanden | 0        | 0        |

### 17. Fischregion

- Forelle  
 Äsche  
 Barbe  
 Brachse  
 nicht bekannt

### 18. Substrat-Art meist

- |                                     |          |          |
|-------------------------------------|----------|----------|
|                                     | <b>v</b> | <b>s</b> |
| <input type="checkbox"/> Felsblöcke | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> Grobkies   | 10       | 10       |
| <input type="checkbox"/> Sand       | 5        | 10       |
| <input type="checkbox"/> Schlamm    | 0        | 5        |
| <input type="checkbox"/> Steinwurf  | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Beton      | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Spundwand  | 0        | 0        |
| <input type="checkbox"/> Sonstige:  |          |          |
- .....

# Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers

## Aufgaben

**Materialien**

✓ Topografische Karte 1 : 25.000 ✓ Lineal ✓ Bindfaden ✓ Reißnagel

**Aufgabe 1**

Bestimmt die **Laufentwicklung** aus der Karte.

**Vorgehen**

- ① Bestimmt aus der Karte mit einem Lineal die **Luftlinie** zwischen den beiden **entferntesten Gewässerabschnitten**.
- ② Ermittelt ebenfalls aus der Karte die **tatsächliche Lauflänge**.  
(Benutzt dazu einen Bindfaden. Befestigt ihn mit einem Reißnagel am oberen Punkt des Gewässerabschnittes. Folgt nun mit dem Faden dem Gewässerverlauf bis zum unteren Punkt und misst mit dem Lineal die dafür benötigte Fadenlänge.)
- ③ **Vergleicht** die beiden **Messungen**. (Wie ist das Verhältnis der tatsächlichen Lauflänge des Gewässers im Vergleich zur kürzest möglichen Entfernung?)
- ④ **Bewertet** das **Ergebnis**. (Ist der Bach eher als gestreckt oder eher als schlängelnd bzw. mäandrierend zu bewerten?)

**Materialien**

✓ Topografische Karte 1 : 25.000  
✓ Checkliste *Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers*

**Aufgabe 2**

Bestimmt einzelne **Strukturelemente** eines Gewässerabschnittes .

**Vorgehen**

- ① Bearbeitet die **Checkliste** mit Hilfe der aus der Karte ermittelbaren Informationen. Kreuzt Zutreffendes an.
- ② **Geht den Gewässerabschnitt** (oder einen größeren Teilabschnitt davon) möglichst nahe am Ufer **ab** und **vervollständigt** das Arbeitsblatt um die dabei festgestellten technischen Bestandteile im und am Gewässer.
- ③ Ermittelt mit Hilfe des Bewertungsbogens die **Gesamtpunktzahl** für den Gewässerabschnitt.
- ④ **Bewertet** den Gewässerabschnitt unter Verwendung der **Bewertungshilfe**.

**Bewertungshilfe**

Punkte im Abschnitt	Natürliche Strukturen	Naturnahe Strukturen	Technisch verbaut	Technisch stark verbaut
von ..... bis .....	über 70	69 – 40	39 – 20	19 – 0
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

C



CA4

Schüleraktivitäten

# Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers

Checkliste

→ Aufgenommen am ..... Name des Bachs .....

Abschnitt von ..... bis ..... Gruppe .....

Kreuze bei jeder Nummer nur ein Kästchen an!

**1. Sind Deiche oder Dämme vorhanden?**

- keine
- am gesamten Gewässer
- an einer Uferseite
- an beiden Uferseiten
- in einzelnen Abschnitten:

Strecke

von .....

bis .....

Was wird geschützt?

.....  
.....

**2. Gibt es Uferbefestigungen durch Längsbauwerke im Gewässer?**

- keine
- selten
- häufiger
- sehr häufig

**3. Welchen Anteil haben die Uferbefestigungen an der Fließstrecke?**

- 0%
- < 10%
- 10 – 30%
- > 30%

**4. Mit welchen Materialien sind die Ufer befestigt?**

- Betonwände (dicht verfugt)
- Metallwände (dicht verfugt)
- Steinquader (mit Fugenlücken)
- andere Materialien:

.....  
.....

**5. Sind Bauwerke im Gewässer quer zur Fließrichtung vorhanden?**

- keine
- selten
- häufiger (> 1 pro Kilometer)
- sehr häufig (> 3 pro Kilometer)
- Gewässerboden befestigt (z. B. aus Holz)
- flache Schwellen aus Metall
- flache Schwellen aus Felsbrocken (Sohlrampen)
- tiefe Abstürze aus Stein

**6. Wird Wasser aus dem Gewässer ausgeleitet?**

- nein
- ja
  - in einem befestigten Kanal
  - in einem natürlichen Nebenarm

Anzahl der Ausleitungen im Gebiet: .....

Zweck der Ausleitungen:

.....

**7. Anzahl der Mühlen oder Triebwerke:**

.....

**8. Wird das Gewässer zu einem Stillgewässer aufgestaut?**

- nein
- ja
  - wenn ja als
    - Talsperre
    - Hochwasserrückhaltebecken
    - See
    - Weiher
    - anderes:

.....  
.....

C

# Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers

## Bewertungsbogen

### 1. Sind Deiche oder Dämme vorhanden?

- |                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> keine                     | 20 |
| <input type="checkbox"/> am gesamten Gewässer      | 0  |
| <input type="checkbox"/> an einer Uferseite        | 5  |
| <input type="checkbox"/> an beiden Uferseiten      | 5  |
| <input type="checkbox"/> in einzelnen Abschnitten: | 10 |

Strecke

von .....

bis .....

Was wird geschützt?

.....

.....

### 2. Gibt es Uferbefestigungen durch Längsbauwerke im Gewässer?

- |                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> keine       | 20 |
| <input type="checkbox"/> selten      | 10 |
| <input type="checkbox"/> häufiger    | 5  |
| <input type="checkbox"/> sehr häufig | 0  |

### 3. Welchen Anteil haben die Uferbefestigungen an der Fließstrecke?

- 0%     < 10%     10 – 30%     > 30%

### 4. Mit welchen Materialien sind die Ufer befestigt?

- |                                                        |   |
|--------------------------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Betonwände (dicht verfugt)    | 0 |
| <input type="checkbox"/> Metallwände (dicht verfugt)   | 0 |
| <input type="checkbox"/> Steinquader (mit Fugenlücken) | 5 |
| <input type="checkbox"/> andere Materialien:           |   |

.....

.....

### 5. Sind Bauwerke im Gewässer quer zur Fließrichtung vorhanden?

- |                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> keine                                            | 20 |
| <input type="checkbox"/> selten                                           | 10 |
| <input type="checkbox"/> häufiger (> 1 pro Kilometer)                     | 5  |
| <input type="checkbox"/> sehr häufig (> 3 pro Kilometer)                  | 0  |
| <input type="checkbox"/> Gewässerboden befestigt (z. B. aus Holz)         | 5  |
| <input type="checkbox"/> flache Schwellen aus Metall                      | 5  |
| <input type="checkbox"/> flache Schwellen aus Felsbrocken<br>(Sohlrampen) | 10 |
| <input type="checkbox"/> tiefe Abstürze aus Stein                         | 5  |

### 6. Wird Wasser aus dem Gewässer ausgeleitet?

- |                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> nein                          | 20 |
| <input type="checkbox"/> ja                            |    |
| <input type="checkbox"/> in einem befestigten Kanal    | 5  |
| <input type="checkbox"/> in einem natürlichen Nebenarm | 10 |

Anzahl der Ausleitungen im Gebiet: .....

Zweck der Ausleitungen:

.....

### 7. Anzahl der Mühlen oder Triebwerke:

.....

### 8. Wird das Gewässer zu einem Stillgewässer aufgestaut?

- |                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> nein                      | 10 |
| <input type="checkbox"/> ja                        | 5  |
| wenn ja als                                        |    |
| <input type="checkbox"/> Talsperre                 |    |
| <input type="checkbox"/> Hochwasserrückhaltebecken |    |
| <input type="checkbox"/> See                       |    |
| <input type="checkbox"/> Weiher                    |    |
| <input type="checkbox"/> anderes:                  |    |

.....

.....

## Bestimmung von Überschwemmungsflächen

### Materialien

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

### Aufgabe

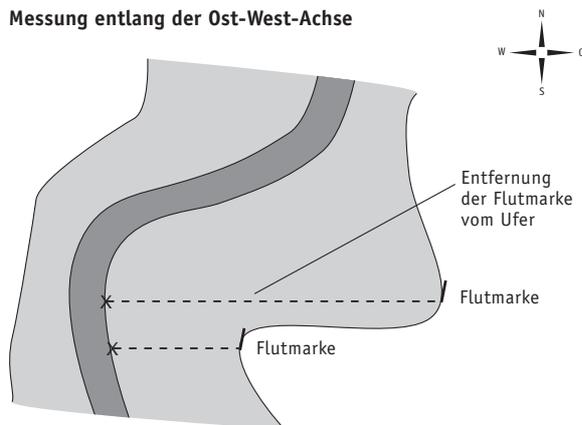
Bestimmt die **Überschwemmungsfläche** eines Flussabschnittes.

### Vorgehen

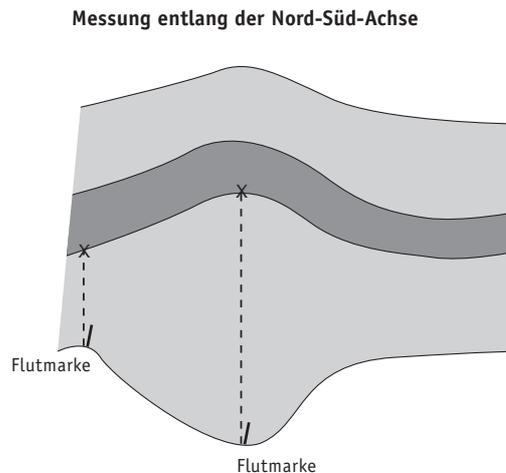
- ① Schaut **nach einem ergiebigen Regen**, ob der Bach **über die Ufer** getreten ist. Verwendet dazu in den Bäumen, Sträuchern oder Zäunen verfangenes Material, z. B. Blätter, Äste, Schlammablagerungen, als Flutmarken. Ihr könnt das überflutete Gebiet auch mit Stöcken oder Steinen markieren.
- ② Bestimmt nach Abfluss des Hochwassers die **Entfernung der Flutmarken zum Ufer bei normaler Wasserführung** mit euren Schritten. Die Schrittlänge bestimmt ihr, indem ihr zehn Schritte geht, die zurückgelegte Strecke misst und den Messwert durch zehn teilt.

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

Messung entlang der Ost-West-Achse



Messung entlang der Nord-Süd-Achse



- Fließgewässer bei normaler Wasserführung
- Überschwemmungsgebiet

- ③ **Rechnet die Entfernungen** der Flutmarken vom Ufer **um**. **Skizziert den Verlauf** des Fließgewässers bei normalem Wasserstand und mit den Flutmarken auf kariertem Papier. Verwendet dazu einen einheitlichen Maßstab (zum Beispiel 1 : 100; 1 Meter entspricht 1 Zentimeter). Wenn ihr genügend Flutmarken eingezeichnet habt, erhaltet ihr die **überflutete Fläche durch Verbinden der Flutmarken**.
- ④ **Wie groß** ist die etwa dabei **überschwemmte Fläche** und **wo** liegt sie? Wie groß ist sie im Vergleich zum Normalwasserstand? Sind von der Überschwemmung Gewässerbenutzer, Anlieger oder Straßen betroffen?
- ⑤ **Befragt Anwohner und Anlieger** (z. B. Triebwerks- oder Mühlenbesitzer) über die in den letzten Jahren aufgetretenen Hochwasser. Fragt auch nach, ob die **Hochwasser in den letzten Jahren häufiger oder stärker** aufgetreten sind. **Welche Gebiete** sind dabei überschwemmt worden?

## Gewässerbeschreibungen im Vergleich

### Beschreibung 1

... Drunten aber, in einer Tiefe, die immer noch unfaßbar und unmeßbar scheint, hat sich das Ziehen und Reißen jetzt zu einer vielfältigen, sich unaufhörlich abwandelnden Ordnung geformt. Da kräuselt ein Schaumkopf, da überschlagt sich eine Welle, da wibelt etwas im Kreise vorbei, da furcht ein treibendes Holz, um das die Spritzwasser klatschen, da zieht ein langer dunkler Sog hinter einem stampfenden Schleppkahn her, da heben und senken sich rasche Wogen um die Brechung des Pfeilers, eilen geglättet davon, und alles ist vom starken herrischen Gesetz des Stromes, des Strömens, der Strömung gelenkt. ...

... Jetzt aber erblickt man das Wunder der Vereinigung, des Sichvermählens fremder Ströme aus fremdem Ursprung, in einem unvergleichlichen Farbenspiel. Das Mainwasser hat eine dunkelbraune, fast moorige Färbung. Es ergießt sich langsam quellend, als war' es von einer dickflüssigeren, schweren Substanz in die viel helleren, gelben oder gelbgrünen und manchmal fast lichtgrünen Gewässer des Rheins, der mächtiger strömt und mit gelaßener Gewalt die neue Ader in seinen Schoß zieht. Aber das eindringende Mainwasser in seinem tiefen samtigen Algenbraun hält sich mit der Zähigkeit eines starken Blutes lange unvermischt gegen die breite Übermacht, in der sich's doch schließlich verschmelzen und verlieren muß.

### Beschreibung 2

*Ziel der Planungen am Mainkai war es, einen zuverlässigen Hochwasserschutz der Stadt Würzburg mit einer guten Gestaltung des Übergangsbereiches von der Stadt zum Fluss zu verbinden. Der Entwurf sah vor, den Straßenkörper einschließlich der Straßenbahnlinie anzuheben und die Altstadt mit einer bastionsähnlich gegliederten 120 Meter langen Brüstungsmauer zum Fluss hin gegen das Hochwasser zu schützen. Die Stadt Würzburg entwickelte darauf aufbauend ein abgewandeltes Konzept mit einer geringeren Mauerhöhe und gestreckter Linienführung. Die Stahlbetonmauer kann durch den Aufsatz mobiler Elemente um bis zu einen Meter erhöht werden und erreicht dadurch die vereinbarte Schutzhöhe von 172,9 m unterhalb, bzw. 173,9 m ü. N. N. oberhalb der alten Mainbrücke, was einem Hochwasser mit 100-jährlicher Häufigkeit einschließlich Freibord entspricht. Die Durchgänge werden mit bis zu 3 m hohen Stahlstützen und Aluminiumdammbalken verschlossen. Die Kombination von festen Mauern und beweglichem Schutzsystem war möglich, da am Main relativ sichere Prognosen für den in Würzburg zu erwartenden Hochwasserstand abgegeben werden können. Dieser ist aufgrund der langen Fließstrecke zwischen dem Pegel Trunstadt (unterhalb der Regnitzeinmündung) und Würzburg 30 bis 36 Stunden vorher bekannt. Zum Aufstellen des mobilen Schutzsystems reicht die Vorwarnzeit damit aus.*

### Aufgaben

- 1 Welche Aussagen lassen die Texte über die **Verfasser** zu?
- 2 **Wozu dienen** die Beschreibungen?
- 3 Welche **stilistischen Unterschiede** könnt ihr finden?
- 4 Formuliert eine **kurze Beschreibung eures Fließgewässers**,  
a) die dem Stil der ersten Beschreibung ähnlich ist,  
b) die dem Stil der zweiten Beschreibung ähnlich ist.
- 5 Inwiefern passt die **Gestaltung** der Texte zu ihrem **Zweck**? Begründet.

## Orientierungslauf am Fließgewässer

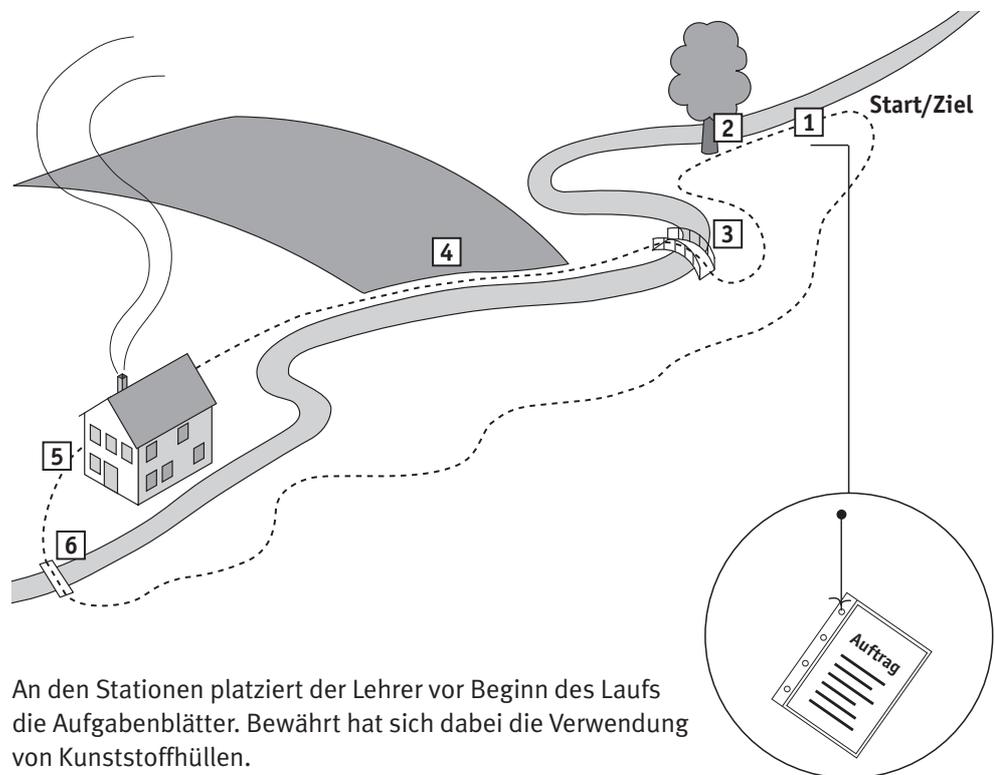
Der Lehrer wählt markante Punkte am Gewässer aus und entwickelt Fragen, die an diesen Punkten von den Schülern beantwortet werden sollen.

Die Schüler erhalten eine Wegbeschreibung (oder Karte), mit deren Hilfe sie sich orientieren können. Außerdem erhalten sie ein Ergebnisblatt zum Dokumentieren ihrer Antworten.

Am sinnvollsten arbeiten die Schüler in kleinen Gruppen. Es hat die Gruppe gewonnen, welche die meisten richtigen Antworten gefunden hat. Bei gleicher Anzahl richtiger Antworten gewinnt diejenige Gruppe, welche die wenigste Zeit benötigt hat.

### Beispiel

Fiktives Gelände



An den Stationen platziert der Lehrer vor Beginn des Laufs die Aufgabenblätter. Bewährt hat sich dabei die Verwendung von Kunststoffhüllen.

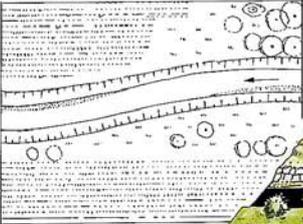
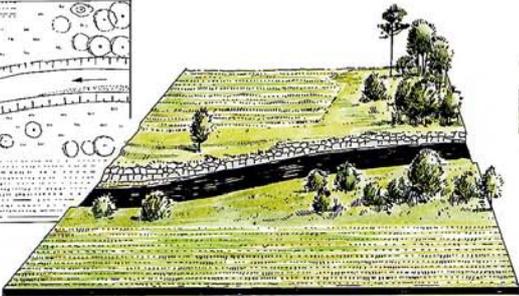
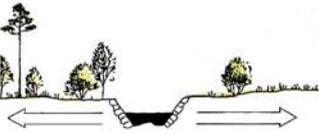
Einige Beispielfragen zu obigem fiktiven Gelände:

- Stationen 1, 3, 4, 6** An welcher dieser Stationen strömt das Wasser am **schnellsten**?
- Station 2** Um **welchen Baum** handelt es sich?
- Station 4** **Welche Pflanze** wird auf dem **Acker** angebaut?  
Warum ist ein **genügend großer Abstand des Ackers zum Bach** wichtig?
- Station 5** Wie kann dieses Gebäude die **Wasserqualität des Baches beeinträchtigen**?
- Station 6** **Wie tief** ist der Bach an dieser Stelle?

# Verlängerung der Laufentwicklung durch Verzweigung

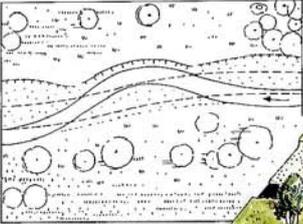
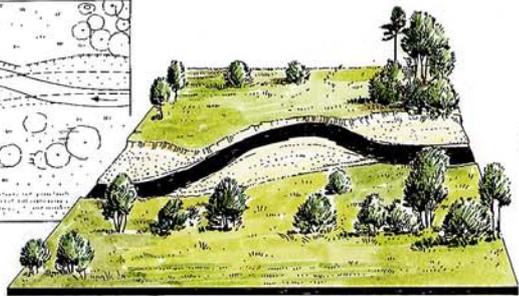
**Von der Statik zur Dynamik**  
Entwicklungsphasen eines von Natur aus verzweigten Gewässers

**Ausgangslage**

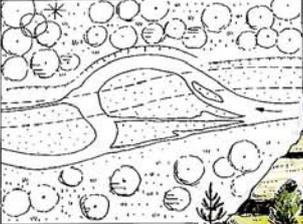
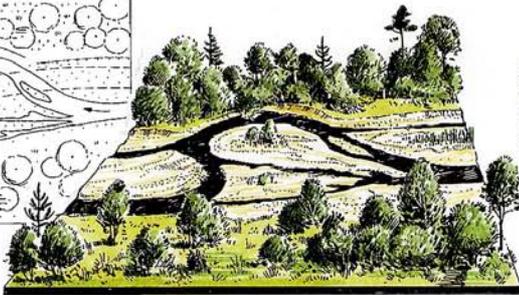
Entwicklungsflächen bereitstellen, Uferverbau entfernen, Nutzung auflassen, Eigenentwicklung belassen  
Steuernde Eingriffe bei Bedarf

**Entwicklungsphase I**

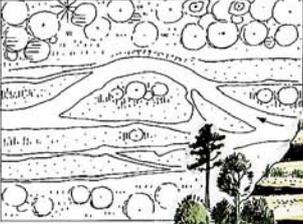
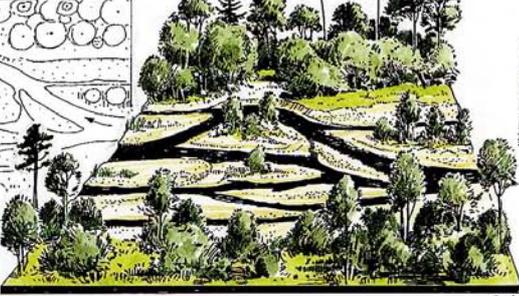

Beginnende Seitenerosion mit Geschiebeeintrag;  
Kiesbänke bilden sich aus

**Entwicklungsphase II**


Einsetzende Laufverzweigung;  
Ausbildung von Kies- und Schotterinseln,  
Auwald wächst auf

**Entwicklungsphase III**


Verzweigter Flusslauf;  
auf wechselnden Kiesbänken  
Auenvegetation unterschiedlicher  
Altersstadien

# Lernort Gewässer

Herausgeber  
Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen  
Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung

## Pegel an den oberirdischen Gewässern in Bayern

Stand 1998

### Meßstellen

- Pegelstandorte

Dargestellt sind nur gewässerkundliche Meßstellen. Pegel messen und registrieren die aktuellen Wasserstände; wichtige Pegel sind mit Datenfernübertragungseinrichtungen (DFÜ) ausgestattet.

### Gewässereinzugsgebiete

- Hauptwasserscheiden
- Nebenwasserscheiden

### Siedlungen

- Siedlungsflächen
- BAYREUTH Regierungsbereichssitze
- Schweinfurt Kreisfreie Städte

### Verwaltungsgrenzen

- Staatsgrenzen
- Landesgrenzen
- Regierungsbereichsgrenzen

Wasserwirtschaftliche Fachdaten: Geographisches Informationssystem Wasserwirtschaft  
Topographische Grunddaten: Wiedergabe mit Genehmigung des BLVA, Nr. 942/98

0 25 50 km  
Maßstab 1 : 1 250 000

© Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen  
Lazarettstr. 67, D-80636 München, Telefon 089/92 14-01  
1. Auflage, April 1998





## Gewässernutzungen

### 1 *Sachinformationen*

1.1	Die Öffentliche Trinkwasserversorgung in Bayern	86
1.2	Die Abwasserbeseitigung	91
1.3	Energiegewinnung	97
1.4	Fischerei	97
1.5	Wärmenutzung und Wärmebelastung	98
1.6	Schifffahrt	98
1.7	Literatur	98

**D**



D

## 1 Sachinformationen

Die folgenden Sachinformationen stellen wesentliche Gewässerbenutzungen dar. Sie umfassen

- die Verhältnisse der öffentlichen Trinkwasserversorgung,
- die Abwasserbeseitigung in kommunalen und gewerblichen Anlagen,
- die Nutzung der Gewässer zur Wasserkraftgewinnung,
- die fischereiliche Nutzung der Gewässer,
- weitere gewerbliche Nutzungen.

Die flächenhaften Nutzungen sind bereits im Modul B behandelt worden.

### 1.1 Die Öffentliche Trinkwasserversorgung in Bayern

In Bayern bilden sich jährlich aus dem Niederschlag ca. 15 Milliarden Kubikmeter Grundwasser über die Grundwasserneubildung. Aus diesem Grundwasserschatz werden ca. 1 Milliarde Kubikmeter zu Trinkwasserzwecken und ca. 250 Millionen Kubikmeter aus Grund- und Quellwasser als industrielles Brauchwasser genutzt, 500 Millionen Kubikmeter des

nutzbaren Dargebotes bleiben ungenutzt. Die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser ist in Bayern eine Aufgabe der Gemeinden.

Mehr als 2.000 Gemeinden mit über 2.500 eigenständigen Wasserversorgungsunternehmen erfüllen diese Aufgabe unmittelbar – mehr als in jedem anderen Bundesland. Bayern setzt auf eine dezentrale Versorgung, um Grundwasser ortsnah zu nutzen und damit auf lange Transportwege zu verzichten. Die dezentrale Versorgungsstruktur mit rund 12.000 Brunnen und Quellen zeigt den hohen Stellenwert des Trinkwassers in unserer Gesellschaft an. Dazu kommen noch etwa 100.000 Hausbrunnen, die Weiler und Einzelhöfe versorgen. Gegenwärtig werden in Bayern insgesamt zwölf Millionen Einwohner, ca. 9.000 Gewerbe- und Industrieunternehmen, über 145.000 Handwerks- und zahlreiche landwirtschaftliche Betriebe mit Trink- und Brauchwasser von höchster Qualität versorgt. In den Wassermangelgebieten Nord- und Nordostbayerns wird die Trinkwasserversorgung durch Beileitung von Fernwasser oder durch Trinkwassertalsperren zusätzlich zur örtlichen Versorgung sichergestellt (► Modul A 1.7). Die Wasserwirtschaft berät die Gemeinden bei der Erkundung von Grundwasservorkommen, beim Bau der Anlagen und beim vorbeugen-

► Folienteil



A

B

C

D

Abb. D1

Einteilung eines Trinkwassereinzugsgebiets in Wasserschutzzonen

E

F

G

Bayern speziell

den Schutz vor Grundwasserbelastungen im Einzugsgebiet. Die staatliche Gesundheitsverwaltung prüft die Einhaltung der Grenzwerte nach der Trinkwasserverordnung.

Der relativ geringe Anteil der Trinkwassernutzung aus der Grundwasserneubildungsrate täuscht eine hohe Reserve vor. Infolge der geringen Schützbarkeit des Grundwassers in Siedlungsgebieten, ungünstiger örtlicher klimatischer und hydrogeologischer Verhältnisse und geogener oder anthropogener Schadstoffbelastung können tatsächlich jedoch nur rd. 11 Prozent des gesamten Grundwasservorrats zu Trinkwasserzwecken genutzt werden. Trinkwassersparendes Verhalten kommt deshalb der Umwelt zugute und entlastet zugleich den Geldbeutel.

Der Wasserverbrauch hat sich durch den Einsatz wassersparender Technologien weitgehend stabilisiert und ist in den letzten Jahren leicht rückläufig. In Haushalten liegt der tägliche Wasserverbrauch bei 139 l pro Einwohner und Tag (50 m<sup>3</sup> pro Einwohner und Jahr). Unter Berücksichtigung des gewerblichen Wasserverbrauchs ergibt sich für Bayern ein Wasserbedarf von 222 l pro Einwohner und Tag.

### 1.1.1 Wasserschutzgebiete

Das gewonnene Trinkwasser ist für uns lebensnotwendig und nicht beliebig vermehrbar. Es bedarf daher des besonderen Schutzes vor möglichen qualitativen Beeinträchtigungen. Zu diesem Zweck wird für alle Trinkwassergewinnungsanlagen ein Wasserschutzgebiet ausgewiesen, das in verschiedene Zonen eingeteilt ist (Abb. D1).

#### Weitere Schutzzone (Zone III)

Die weitere Schutzzone soll das gesamte Gebiet umfassen, aus dem Grundwasser in die Wasserfassung strömt. Die weitere Schutzzone dient insbesondere dem Schutz des Trinkwassers vor gefährlichen und langlebigen Chemikalien aus Gewerbe und Landwirtschaft.

#### Engere Schutzzone (Zone II)

Die engere Schutzzone umfasst das Gebiet, aus dem die Fließzeit des Grundwassers zur Wasserfassung weniger als 50 Tage beträgt. Die engere Schutzzone dient insbesondere dem Schutz vor Krankheitserregern und ist durch blaue Hinweistafeln gekennzeichnet (Abb. D2).

#### Fassungsbereich (Zone I)

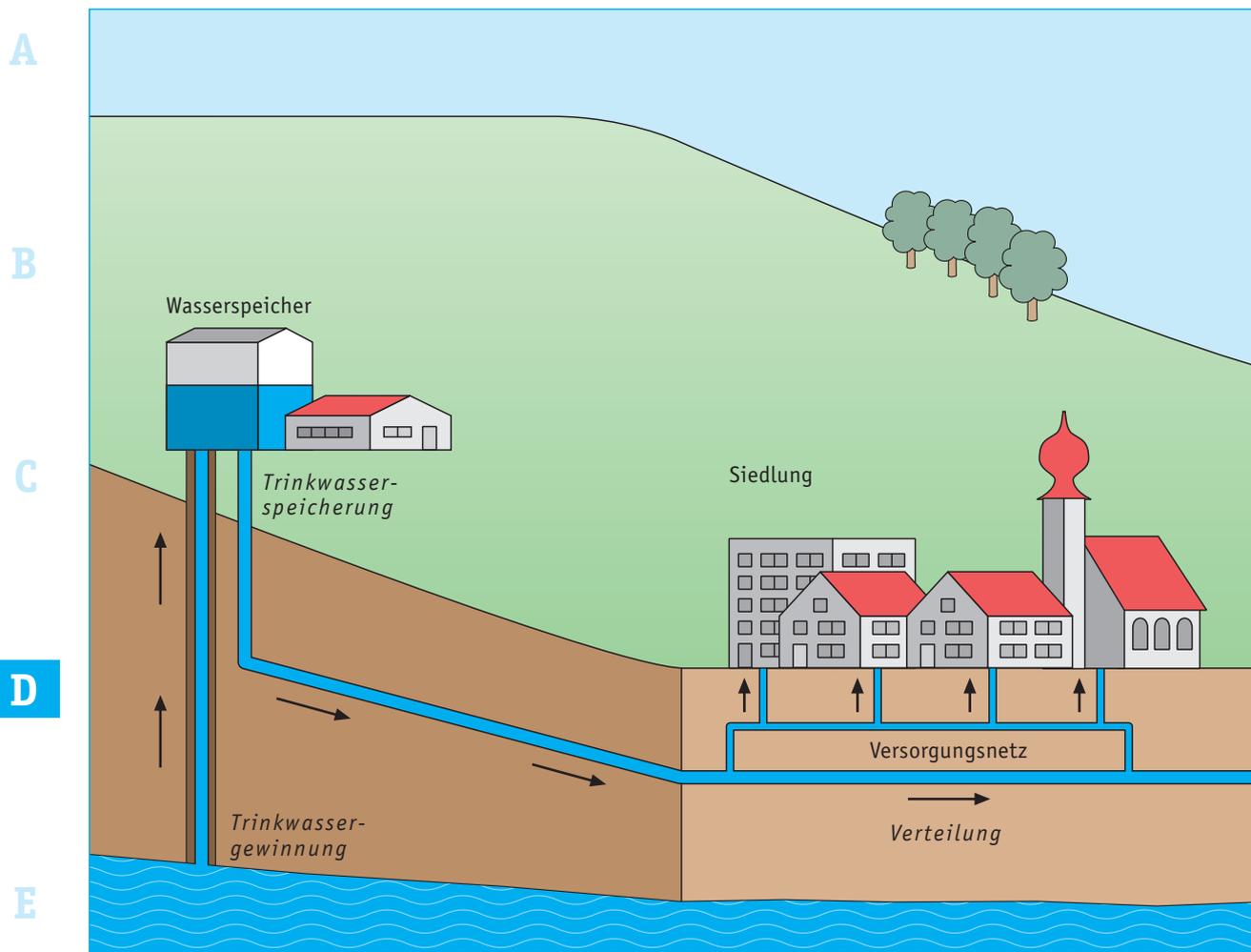
Der Fassungsbereich schützt den unmittelbaren Umgriff der Wasserversorgungsanlage vor jeglicher Verschmutzung und ist gegen unbefugtes Betreten eingezäunt.

Abb. D2

Hinweistafel zur Kennzeichnung von Wasserschutzgebieten

► Folienteil





**Abb. D<sub>3</sub>**  
Schematische Darstellung einer öffentlichen Trinkwasserversorgung

Unter Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse werden für die einzelnen Schutzzonen Nutzungseinschränkungen festgeschrieben. Wichtigstes Ziel ist dabei die Erhaltung der natürlichen biologisch wirksamen Bodendeckschichten. Das setzt eine Vermeidung von Schadstoffbelastungen durch wassergefährdende Stoffe z. B. bei Transport, Verwendung und Entsorgung, sowie einen grundwasserschonenden Einsatz von Düngemitteln und Spritzmitteln auf landwirtschaftlichen Nutzflächen voraus. Der Anteil der Wasserschutzgebiete an der Landesfläche beträgt gegenwärtig 3,5 Prozent und soll im Rahmen der *Umweltinitiative Bayern* auf etwa 5 Prozent erhöht werden.

Das zuständige Wasserwerk kontrolliert regelmäßig das Wasserschutzgebiet hinsichtlich der Einhaltung der Schutzgebotsauflagen. Die Wasserwirtschafts- und Gesundheitsbehörden unterstützen die Wasserwärter bei dieser Aufgabe.

Es kommt häufiger vor, dass durch die landwirtschaftliche Nutzung von Flächen innerhalb des Wasserschutzgebietes Nitrat- oder Pflanz-

schutzmittelbelastungen im Trinkwasser verursacht werden. In diesen Fällen müssen weitergehende Nutzungseinschränkungen auf landwirtschaftlichen Flächen vom Wasserwerk finanziell ausgeglichen werden.

### 1.1.2 Die technischen Einrichtungen zur öffentlichen Trinkwasserversorgung

Die technischen Einrichtungen zur öffentlichen Trinkwasserversorgung gliedern sich in die Anlagenteile Gewinnung, evtl. Aufbereitung, Speicherung und Verteilung (**Abb. D<sub>3</sub>**).

#### Die Trinkwassergewinnung

Wegen der günstigen natürlichen Gegebenheiten (Niederschlag, Geologie) können in Bayern rund 95 Prozent des Trinkwassers über Quellen (**Abb. D<sub>4</sub>**) und Brunnen (**Abb. D<sub>5</sub>**) gefördert werden. In anderen Bundesländern muss häufig auf Wasser aus oberirdischen Gewässern zurückgegriffen werden (z. B. Rhein-

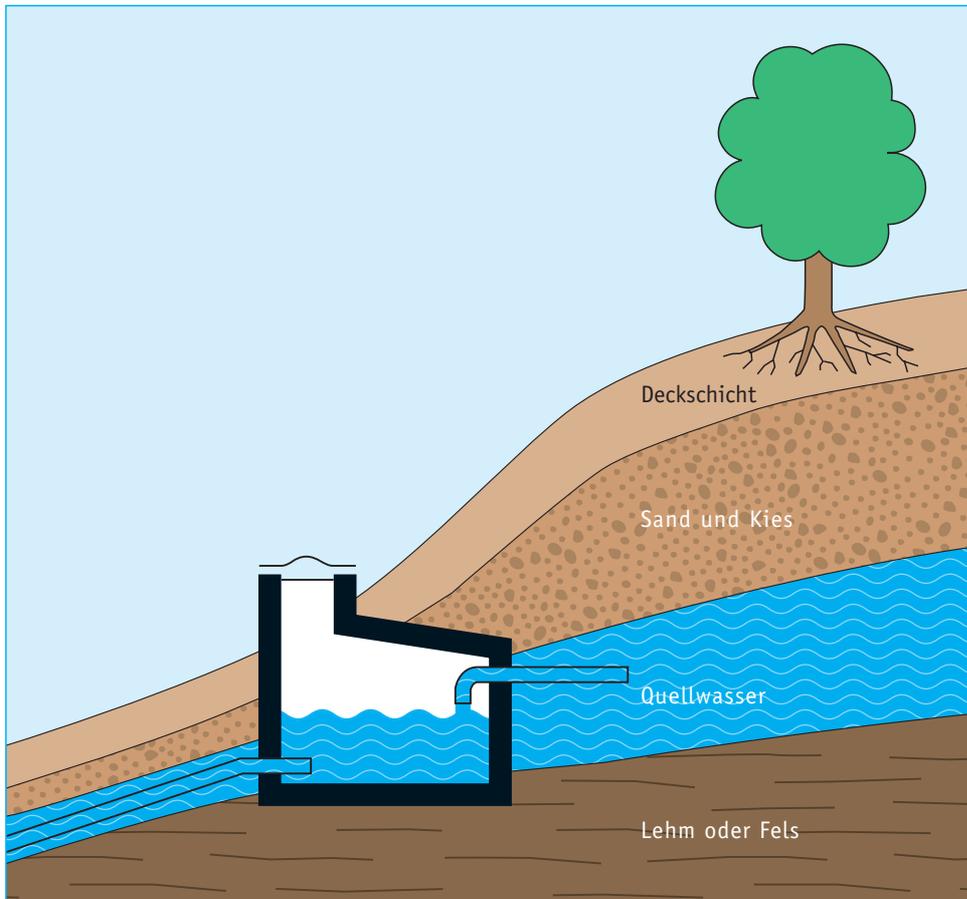


Abb. D4

Nutzung einer Schichtquelle zur Trinkwasserversorgung.

A

B

C

D

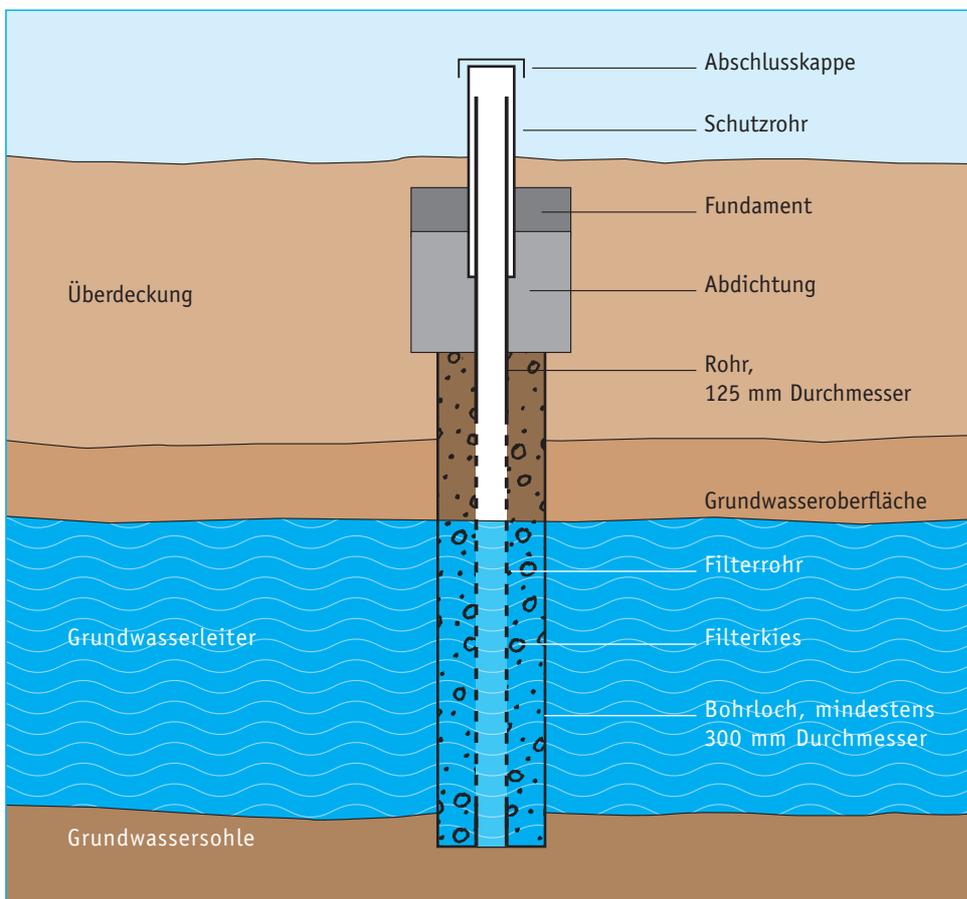


Abb. D5

Ausbauschema eines Bohrbrunnens

E

F

G

Tab. D1

Wichtige Grundwassertypen in Bayern

Grundwassertyp	Vorkommen	chemische Beschreibung
Kristallin	Bayer. Wald, Oberpfälzer Wald, Fichtelgebirge	sehr weiches kalkarmes Wasser; Kohlensäure greift Wasserrohre an
Buntsandstein	Spessart	
Schotterebenen und Flusstalfüllungen	Oberbayern	Wasser mittlerer bis hoher Härte, meist ohne Aufbereitung nutzbar
Voralpines Moränengebiet	Ober- und Niederbayern	Wasser mittlerer Härte, meist ohne Aufbereitung nutzbar, ggf. Belüftung
Tertiäres Hügelland	Schwaben	
Fränkischer Jura	Teile von Oberfranken	Sehr hartes kalkreiches Wasser, oft durch Spuren von Eisen und Mangan getrübt
Mainfränkischer Muschelkalk Fränkischer Gipskeuper	Oberpfalz, Oberbayern Mittel- und Unterfranken	

Bayern speziell

anlieger, die Flusswasser versickern und als sogenanntes Uferfiltrat nach speziellen Aufbereitungsstufen als Trinkwasser nutzen). Für Städte und Ballungsräume, insbesondere außerhalb größerer Quellgebiete, muss auf Grundwasser zurückgegriffen werden. Aufgrund wechselnder hydrogeologischer Verhältnisse ist das Grundwasser nicht in gleichmäßiger Menge und Qualität über das Land verteilt. Durch umfangreiche hydrogeologische Untersuchungen müssen die Wirksamkeit schützender Bodendeckschichten, das Vorhandensein wasserführender Gesteinsschichten und die Ergiebigkeit des Grundwasserleiters geprüft werden, bevor mit dem Bau einer Brunnenanlage begonnen werden kann.

In **Abb. D5** ist das Ausbauschema eines Bohrbrunnens dargestellt. Der Brunnen wird bis auf die Sohle des Grundwasserleiters niedergebracht. Das Brunnenrohr ist im Bereich des Grundwasserleiters verfiltriert und zum Schutz vor Verunreinigung durch Oberflächenwasser nach oben hin abgedichtet. Um eine langfristige Versorgung zu gewährleisten, darf die entnommene Wassermenge die Grundwasserneubildungsrate im Einzugsgebiet nicht überschreiten. Der ökologische Bedarf im Einzugsgebiet muss zusätzlich berücksichtigt werden. Die Grundwasserentnahme kann in Abhängigkeit von der Höhe der Wasserentnahme auch über mehrere Brunnen erfolgen.

### Die Trinkwasseraufbereitung

Für den menschlichen Genuss geeignetes Wasser soll klar, farblos, keimfrei sowie geschmacks- und geruchsfrei sein. Für die Erfüllung dieser Anforderungen muss das Wasser bei Bedarf aufbereitet werden. Knapp zwei Drittel des geförderten Trinkwassers können derzeit ohne jede Aufbereitung getrunken werden. Der Rest wird überwiegend aus technischen Gründen aufbereitet: Das Niederschlagswasser nimmt während der Bodenpassage Mineralien, Gase und Spurenstoffe auf. Diese Stoffe können je nach örtlichen hydrogeologischen Verhältnissen zur Korrosion im Trinkwassernetz, zu Trübungen des Trinkwassers oder gar zu gesundheitsschädlichen Wirkungen führen.

In einzelnen Regionen Bayerns muss daher das Grundwasser vor der Trinkwassernutzung aufbereitet werden. In **Tab. D1** sind die wichtigsten Grundwassertypen und deren Chemismus aufgezeigt.

Soweit das Grundwasser nicht durch ausreichende Deckschichten geschützt ist, muss vorsorglich oder bei bakterieller Belastung zusätzlich eine Desinfektion des Wassers vorgenommen werden. Die verschiedenen Aufbereitungsverfahren sind in **Tab. D2** beschrieben und abhängig von den jeweiligen hydrogeologischen Verhältnissen.

Trinkwasseraufbereitungsverfahren	Zweck der Aufbereitung
Entsäuerung durch Neutralisation mit Kalk	Kohlensaures Trinkwasser zersetzt Rohrleitungen und setzt dabei toxische Schwermetalle wie z. B. Kupfer und Zink frei
Enteisenung/Entmanganung durch Belüftung des Wassers und anschließende Filtration der Rost- und Braunsteinpartikel	Eisen und Mangan trüben das Wasser bei Luftzutritt durch Oxidbildung
Desinfektion bei bakterieller Belastung mittels Chlor, Ozon oder UV-Strahlung	Entfernen von Krankheitserregern

Tab. D2

Wichtige Trinkwasseraufbereitungsverfahren

A

B

### Die Speicherung und die Verteilung des Trinkwassers

Das aufbereitete Trinkwasser wird anschließend in Hochbehälter gepumpt und nach dem Prinzip kommunizierender Röhren über ein Leitungsnetz zum Verbraucher geleitet. Der Hochbehälter ist so zu bemessen, dass tägliche Verbrauchsspitzen abgefangen werden. Die Füllung erfolgt in der Nacht unter Ausnutzung günstiger Stromtarife.

## 1.2 Die Abwasserbeseitigung

Das Wissen um die Notwendigkeit, Abwasser, d. h. durch Gebrauch verunreinigtes Wasser, zu sammeln und aus dem Siedlungsbereich fortzuleiten, war schon im Altertum vorhanden. Hier standen zunächst die hygienischen Aspekte im Vordergrund, da die fehlende Kanalisation sehr schnell als Grund für Seuchen und Epidemien erkannt war. Die Notwendigkeit, das Abwasser vor der Einleitung in die Gewässer zu reinigen, ist eine Erkenntnis, die sich erst in jüngerer Zeit durchgesetzt hat. Grund dafür war, dass die Gewässer nicht mehr in der Lage waren, das eingeleitete Abwasser auf dem Weg der natürlichen Selbstreinigungskraft zu bewältigen. Die Gewässergüte verschlechterte sich rapide. Die ersten größeren (mechanischen) Kläranlagen wurden in Bayern um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert gebaut.

### Die Beschaffenheit des häuslichen Abwassers

Jeder Einwohner verwandelt im Durchschnitt 50 Kubikmeter Trinkwasser pro Jahr in Abwasser. Gemeinsam mit Gewerbe und Industrie entstehen in ganz Bayern damit pro Jahr rund zwei Milliarden Kubikmeter Abwasser – so viel wie der ganze Chiemsee enthält. Abwasser aus Wohnsiedlungen enthält:

- absetzbare Stoffe (z. B. Sand, Speisereste, Kotballen),
- schwimmfähige Stoffe (z. B. Öl, Fett),
- gelöste und teilgelöste Stoffe (z. B. Urin, Wasch- und Spülmittel, zerriebene Speisereste),
- Bakterien und Viren, zu denen auch Krankheitserreger gehören können.

Die organischen Anteile im Abwasser verursachen eine Sauerstoffzehrung im Gewässer. Insbesondere die Spurenelemente Stickstoff und Phosphor (die im wasserwirtschaftlichen Sprachgebrauch als „Nährstoffe“ bezeichnet werden) tragen wesentlich zur Überdüngung der Gewässer (Algenwachstum) bei (► Modul E). Auch andere Mikroverunreinigungen wirken sich negativ auf die Ökologie eines Gewässers aus.

### Abwasserreinigung

In modernen mechanisch-biologischen Kläranlagen werden aus dem Abwasser die absetzbaren und schwimmfähigen Stoffe zu fast 100 Prozent entfernt, die organischen Anteile der gelösten und teilgelösten Stoffe um ca. 95 Prozent sowie Phosphor und Stickstoff um ca. 90 Prozent bzw. 70 Prozent vermindert. Die Bakterien werden in der Regel zu 90 Prozent bis 99 Prozent abgetötet. Die sonstigen Mikroverunreinigungen werden in dem mecha-

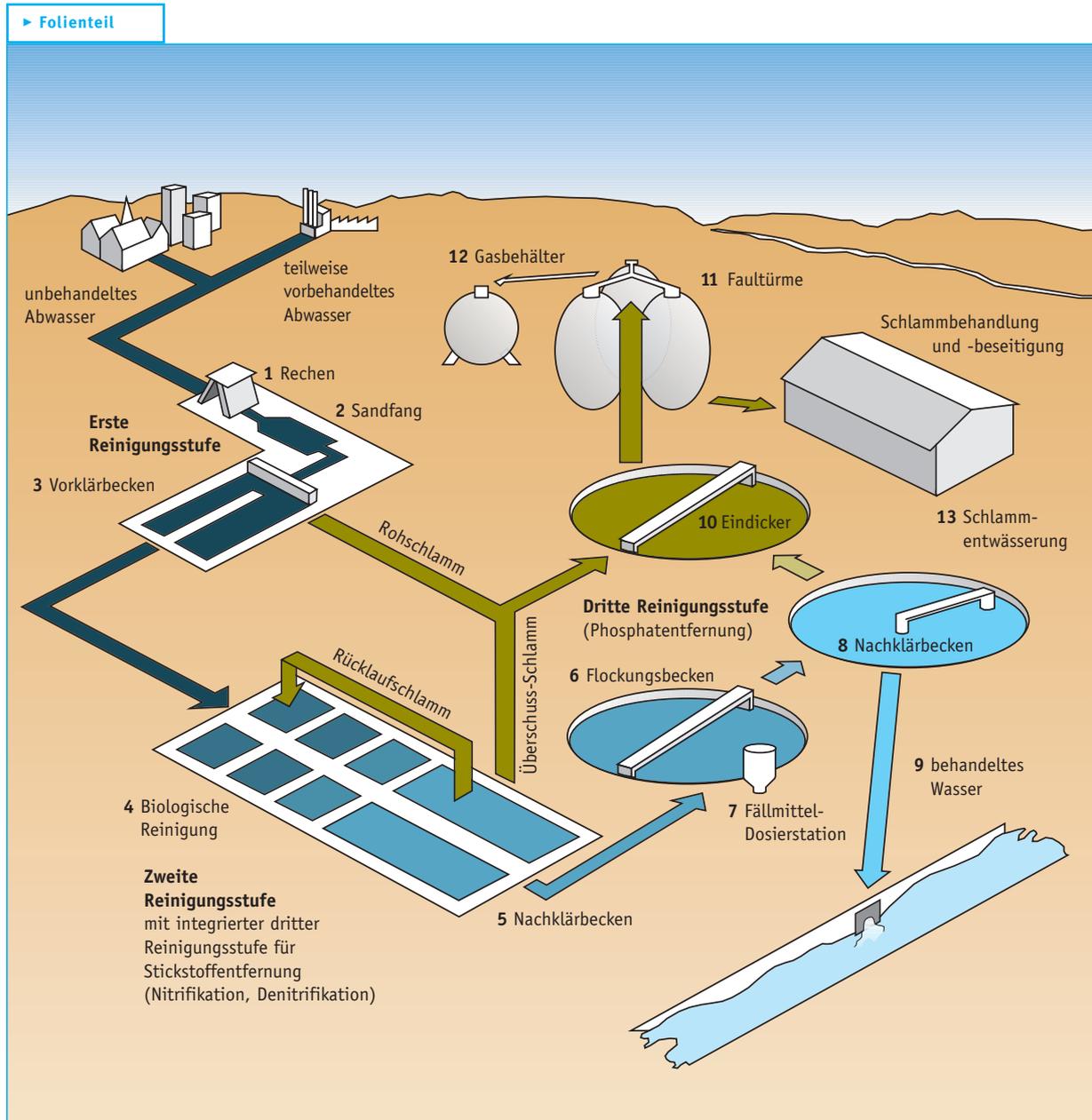
C

D

E

F

G



**Abb. D6**  
Schematischer Überblick einer modernen Kläranlage

- erste Reinigungsstufe
- zweite Reinigungsstufe
- dritte Reinigungsstufe
- behandeltes und gereinigtes Abwasser
- Schlammpfad

nisch-biologischen Prozess, teilweise oder auch durch zusätzliche chemische Behandlung zu 50 Prozent bis 95 Prozent entfernt. Bei der Abwasserreinigung entsteht Schlamm. Je höher die Reinigungsleistung einer Kläranlage ist, um so mehr Schlamm fällt an.

Die biologischen Vorgänge bei der Abwasserreinigung entsprechen weitgehend den Selbstreinigungsvorgängen in natürlichen Gewässern. Diese laufen jedoch bei technisch-biologischen Kläranlagen (vor allem Kläranlagen höherer Ausbaugröße nach dem Belebungs-, Tropfkörper- oder Tauchkörperverfahren) wegen der dort vorhandenen hohen Dichte an Mikroorganismen viel intensiver und vor allem steuerbar ab. Bei den naturnahen Kläranlagen (vor allem Kläranlagen kleinerer

Ausbaugrößen im ländlichen Raum nach dem Abwasserteichverfahren oder auch in Pflanzenbeeten) werden großvolumige Biotope für die Abwasserreinigung geschaffen, in denen das Abwasser lange Aufenthaltszeiten hat.

**Abwasserreinigung in technischen Kläranlagen**

Abb. D6 zeigt schematisch den Aufbau einer modernen Kläranlage.

Die technisch-biologischen Kläranlagen haben an der Gesamtzahl der etwa 3.100 bayerischen Kläranlagen zwar nur einen Anteil von 43 Prozent, in ihnen wird jedoch 95 Prozent des gesamten Abwasseranfalls gereinigt.

- Die **mechanische Behandlung** (= **erste Reinigungsstufe**) umfasst drei Bauteile:

- (1) **Rechen** (Entfernen von Grobstoffen)
- (2) **Sandfang** mit Fettabscheider (Entfernung von Sand und aufschwimmenden Stoffen)
- (3) **Vorklärung** (Entfernung von absetzbaren Stoffen – Primärschlamm)

Rechen- und Sandfanggut werden auf Abfalldeponien oder in Müllverbrennungsanlagen entsorgt. Der in der Vorklärung abgetrennte Primärschlamm (Rohschlamm) wird im Schlammbehandlungsteil stabilisiert (z. B. ausgefault), damit er anschließend, ohne die Umwelt nachteilig zu belasten, entsorgt werden kann. Das Abwasser enthält nach der mechanischen Behandlung noch etwa zwei Drittel seiner ursprünglichen organischen Verschmutzung.

- Anschließend wird das mechanisch vorbehandelte Abwasser der **biologischen Reinigung (4)** (= **zweite Reinigungsstufe**) zugeführt. Hier bauen Kleinstlebewesen (Mikroorganismen, hauptsächlich Bakterien), die in großer Zahl im belebten Schlamm (Schlammflocken) oder im Biofilm (biologischer Rasen) enthalten sind, die organischen Bestandteile der Schmutzstoffe ab. Die Mikroorganismen benötigen hierfür Sauerstoff, der ihnen gezielt zur Verfügung gestellt wird.

Dabei werden **drei Verfahren** eingesetzt:

- Beim **Belebungsverfahren** wird der Sauerstoff über eine Druckbelüftung in das Becken eingeblasen oder durch Rotoren oder Kreisel eingetragen. Der belebte Schlamm wird im Becken für die Abwasserreinigung ständig in ausreichender Menge in Schwebelage gehalten.
- Beim **Tropfkörperverfahren** wird das Abwasser über Steinbrocken oder Kunststoffmaterial mit großer Oberfläche verrieselt. Die Mikroorganismen siedeln sich als biologischer Rasen auf deren Oberfläche an. Der notwendige Sauerstoff wird durch den natürlichen Luftzug im Tropfkörper an den biologischen Rasen herangeführt.

- Beim **Tauchkörperverfahren** wächst der biologische Rasen auf hintereinander durchströmten, sich langsam drehenden Scheiben oder Walzen aus Kunststoffelementen, die etwa zur Hälfte in das zu reinigende Abwasser eintauchen. Der Sauerstoff wird von den Mikroorganismen während des Luftdurchgangs aufgenommen.

- Die weitergehende Abwasserreinigung in der **dritten Reinigungsstufe** (s. nächste Seite) kann in die biologische Reinigungsstufe integriert sein (z.B. Nitrifikationsstufe zur Ammoniumoxidation) oder in eigenen Anlagenteilen durchgeführt werden (z.B. nachgeschaltete Phosphatentfernung).

- Im **Nachklärbecken (5), (8)** werden die Schlammflocken, die aus dem beschriebenen biologischen Reaktoren mit dem Abwasser ausgeschwemmt wurden, durch Absetzen von gereinigtem Abwasser getrennt. Beim Belebungsverfahren wird ein Teil dieses Schlammes als Rücklaufschlamm laufend in das Belebungsbecken zurückgeführt. Biologischer Überschussschlamm wird, wie der Primärschlamm, ebenfalls der Schlammbehandlung (**11**), (**12**), (**13**) zugeführt.

- Der in der Kläranlage anfallende Schlamm wird im Schlammbehandlungsteil (**10**), (**11**), (**12**) stabilisiert. Die Stabilisierung erfolgt bei großen Anlagen in Faultürmen.

### Abwasserreinigung in naturnahen Kläranlagen

Rund 1.600 der 3.069 und damit mehr als die Hälfte aller bayerischen Kläranlagen haben eine Ausbaugröße von weniger als 1.000 Einwohnerwerten. (Der Einwohnerwert ist eine Rechengröße zum Vergleich verschiedener Abwasserarten nach der Schmutzmenge, er entspricht 60 g BSB<sub>5</sub> pro Tag). Die meisten davon sind Abwasserteichanlagen. Sie eignen sich wegen ihrer einfachen Verfahrenstechnik und wegen ihres großen Puffervermögens vor allem für die Abwasserreinigung im ländlichen Raum. Die mechanische Behandlung erfolgt

A

durch einen Rechen und einen Absetzteich zur Vorklärung. Im Absetzteich kann gleichzeitig auch der Primärschlamm gespeichert und stabilisiert werden. Durch Aufstaubetrieb ist hier außerdem auch eine Mischwasserbehandlung (gemeinsame Behandlung von Abwasser und Niederschlagswasser, die in einem gemeinsamen Kanalnetz gesammelt werden) möglich.

B

Die biologische Reinigung wird durch die in den Teichen lebenden Mikroorganismen bewirkt. Der Sauerstoffeintrag erfolgt bei unbelüfteten Abwasserteichanlagen vorwiegend über die Teichoberfläche. Um den Flächenbedarf von Teichanlagen zu verringern, können die Abbauvorgänge durch den Einbau von Belüftungseinrichtungen intensiviert werden (belüftete Teichanlagen), oder es können Tropf- oder Tauchkörper zwischen den Abwasserteichen angeordnet werden. Der letzte Teich einer Abwasserteichanlage dient dem Rückhalt von Feststoffen vor dem Ablauf ins Gewässer.

C

Neuerdings haben für geringe Anschlusswerte auch Kläranlagen mit Pflanzenbeeten Eingang in die Praxis gefunden. Die biologische Reinigung des Abwassers wird ebenfalls im Wesentlichen durch Mikroorganismen bewirkt, die in einem mit ausgewählten Sumpfpflanzen bewachsenen, überwiegend sandigen Bodenkörper angesiedelt sind. Voraussetzung für die Funktionstüchtigkeit solcher Beete sind eine wirksame Vorreinigung und der Erhalt einer ausreichenden Durchlässigkeit des Bodenkörpers.

D

### Weitergehende Abwasserreinigung

Bei der weitergehenden Abwasserreinigung geht es hauptsächlich um die Entfernung von Stickstoff und Phosphor aus dem Abwasser. Die dafür erforderlichen verfahrenstechnischen Maßnahmen lassen sich in den beschriebenen biologischen Abwasserreinigungsprozess integrieren, so dass grundsätzlich alle bestehenden Kläranlagen zur Stickstoff- und Phosphorentnahme ausgebaut werden können, wenn die biologischen Reaktionsräume ausreichend groß errichtet werden.

Mit den bereits vielfach umgesetzten Kläranlagenerweiterungen zur gezielten Nährstoffentfernung wurden im Zehnjahreszeitraum von 1985 – 1994 bereits wesentliche Erfolge erzielt. Bilanzrechnungen für sämtliche bayerischen Kläranlagen ergeben folgende Rückgänge in diesem Zeitraum:

- beim Phosphor: von 8.200 Tonnen/Jahr auf 1.400 Tonnen/Jahr (– 83 Prozent),
- beim Stickstoff: von 36.500 Tonnen/Jahr auf 26.000 Tonnen/Jahr (– 30 Prozent).

Damit ist für die bayerischen Hauptflüsse Donau und Main (in die fast alle Oberflächengewässer Bayerns entwässern) der abwasserbürtige Anteil der Phosphorgehalte an der Gesamtfracht wesentlich zurückgegangen: 1985 waren in diesen Flüssen noch mehr als 60 Prozent der Phosphorgehalte auf Abwassereinleitungen zurückzuführen. Mit Stand 1994 machen abwasserbürtige Phosphorbelastungen nur noch einen geringen Anteil von rund 20 Prozent aus. Die Gesamtfrachten im Gewässer konnten annähernd halbiert werden.

Bei den Stickstoffverbindungen ist der Belastungsanteil aus den Abwassereinleitungen indes nur von untergeordneter Bedeutung. Hier ergibt sich derzeit eine Verminderung von rund 7 Prozent an der Gesamtfracht. Nach Abschluss aller klärtechnischen Maßnahmen zur Stickstoffentfernung kann insgesamt nur eine rund zehnpromtente Verminderung der Gehalte in den beiden Flüssen erwartet werden.

Diese Ergebnisse belegen besonders deutlich, dass die Stickstoffbelastung unserer Gewässer ganz maßgeblich durch die sogenannten „diffusen Einträge“, z. B. aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche und aus dem Niederschlag, herrühren. Weitergehende Verminderungen müssen deshalb zugleich bei diesen Belastungsquellen ansetzen.

Keime werden bei der kommunalen Abwasserreinigung zu über 99 Prozent entfernt, es bleiben jedoch auch bei modern ausgerüsteten Kläranlagen immer noch erhebliche Restkeimzahlen, die über den Ablauf in das Gewässer gelangen. Grund dafür sind die üblicherweise sehr hohen Keimzahlen im unbehandelten Abwasser. Eine weitergehende Verringerung der Keimzahlen kann deshalb nur durch die Errichtung zusätzlicher Abwasserreinigungsstufen zur gezielten Keimreduzierung (z. B. Bestrahlungsanlagen) erreicht werden. Dafür gibt es in Deutschland jedoch keine gesetzlich verpflichtenden Anforderungen.

E

F

G

### Schlammbehandlung, Schlamm Entsorgung

Bevor der in der Kläranlage anfallende Schlamm entsorgt werden kann, wird er im Schlammbehandlungsteil stabilisiert. Die Stabilisierung erfolgt beim Belebungsverfahren bei kleinen bis mittleren Ausbaugrößen durch Langzeitbelüftung und bei großen Anlagen und den anderen Verfahren durch Ausfäulung in Faulräumen unter Luftabschluss. Auf Kläranlagen ab einer mittleren Ausbaugröße sind die Faulbehälter beheizt.

Der stabilisierte Schlamm kann z. B. in der Landwirtschaft oder im Landschaftsbau verwertet werden. Auf diese Weise nicht verwertbarer Schlamm muss maschinell entwässert und mineralisiert werden.

1996 fielen in Bayern 306.000 t Klärschlamm an. Sofern von Schadstoffen unbelastet, werden davon ca. 55 Prozent in der Landwirtschaft zu Felderdüngung und rund 20 Prozent im Landschaftsbau verwertet. Der Rest wird behandelt, verbrannt oder deponiert.

Soll Klärschlamm landwirtschaftlich verwertet werden, ist die Klärschlammverordnung (AbfKlärV) zu beachten. Ziel ist, den Schadstoffeintrag zu begrenzen. In der AbfKlärV gibt es Grenzwerte für Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber, Zink, Dioxine (PCDD/F) und halogenhaltige organische Verbindungen (AOX).

### Anschlussgrade bei der Abwasserentsorgung

In Bayern wird das Abwasser von 92 Prozent der Einwohner einer der 3.069 zentralen Kläranlagen zugeführt. 4 Prozent der Einwohner sollen noch angeschlossen werden. Für ca. 4 Prozent der Einwohner gibt es keine Möglichkeit der zentralen Abwasserentsorgung.

Die Haushalte Bayerns, die noch nicht an eine zentrale Kläranlage angeschlossen sind, liegen meist in entlegenen Gemeindeteilen und Streusiedlungen im ländlichen Raum. Ein Anschluss dieser Haushalte würde besonders hohe Kosten verursachen.

Die Abwässer der nicht anschließbaren oder noch nicht an zentrale Abwasseranlagen angeschlossenen Haushalte bleiben jedoch nicht unbehandelt. Sie werden in rund 300.000 privaten Kleinkläranlagen (Hauskläranlagen) entsorgt, die genormten Betriebsgrundsätzen (DIN 4261) entsprechen müssen.

### Gesetzliche Anforderungen an die Einleitung von Abwasser in Gewässer

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist ein Bundesgesetz. Die Regelungen des WHG gelten für alle oberirdischen Gewässer, Küstengewässer und das Grundwasser. Das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer ist nach dem WHG ein Benutzungstatbestand, der einer behördlichen Erlaubnis oder Bewilligung bedarf.

In § 7a des WHG ist festgelegt, dass die Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in ein Gewässer nur erteilt werden darf, wenn die Schadstofffracht des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist. Durch die Abwasserverordnung (AbwV) wird für das Abwasser aus den unterschiedlichen Herkunftsbereichen die Mindestanforderung festgelegt, die an die Reinigungsleistung der jeweiligen Abwasserbehandlungsanlage zu stellen ist. In Anhang 1 sind die Anforderungen für häusliches und kommunales Abwasser geregelt.

Neben den Parametern BSB und CSB als Maß für die organische Restverschmutzung gibt es Ablaufanforderungen für Ammoniumstickstoff ab 5.000 Einwohner, Gesamtstickstoff und Phosphor gesamt ab 10.000 Einwohner.

Wenn ein Gewässer nicht in der Lage ist, die nach der Reinigung verbleibenden Restverschmutzungen aufzunehmen, können über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus im Einzelfall strengere Anforderungen gestellt werden. Der Maßstab für die Belastbarkeit des Gewässers ist das Ziel des Bayerischen Landesentwicklungsprogramms; für alle Gewässer ist demnach mindestens die Güteklasse II anzustreben (► Modul E 1.2).

### Abwasser von Industrie und Gewerbe

Verschiedene Inhaltsstoffe, vor allem des industriellen Abwassers, sind wegen ihrer Giftigkeit, Langlebigkeit, Anreicherungsfähigkeit oder ihrer krebserzeugenden, fruchtschädigenden oder erbgutverändernden Wirkung als gefährlich zu bewerten. Dazu zählen vor allem viele der in der Produktion in großem Umfang verbrauchten chlorierten Kohlenwasserstoffverbindungen sowie verschiedene Schwermetalle. Schon geringe Einträge schwer oder nicht abbaubarer Stoffe in die

A

B

C

D

E

F

G

A

Umwelt sind sehr kritisch zu beurteilen, weil sie sich in der Natur oder in der Nahrungskette anreichern und letztlich die Gesundheit des Menschen bedrohen.

Besonders bei gewerblichen Einleitern können in der Produktion gefährliche oder schwer abbaubare Stoffe (z. B. halogenierte organische Verbindungen, Komplexbildner, Schwermetalle) auftreten oder gebildet werden. Industrielles Abwasser von mehr als 50 verschiedenen Branchen muss deshalb bereits am Anfallort in einer betriebseigenen gewerblichen Behandlungsanlage gereinigt werden. Rund 620 direkteinleitende Betriebe in Bayern (vor allem aus den Herkunftsbereichen der Wasseraufbereitung und Kühlwassernutzung und der Lebensmittelindustrie) müssen ihr Abwasser in dieser Weise reinigen. Dies gilt auch dann, wenn das Abwasser nicht unmittelbar in ein Gewässer gelangt, sondern zunächst über das Kanalnetz in die kommunale Kläranlage gelangt (sog. Indirekteinleiter). Rund 1100 indirekteinleitende Betriebe in Bayern (vor allem aus den Herkunftsbereichen der Metallbe- und -verarbeitung und des Kfz-Gewerbes) reinigen ihr Abwasser am Anfallort, bevor es über die öffentliche Kanalisation abgeleitet wird. Ein einfaches Beispiel für diesen branchenspezifischen Ansatz ist das Abwasser aus der Zahnbehandlung: Behandlungsplätze in Zahnarztpraxen sind deshalb mit einem Abscheider ausgestattet, der Amalgamreste wirkungsvoll aus dem Abwasser entfernt (Abb. D7). Die dabei abgetrennten Reststoffe werden einer gezielten Abfallbehandlung zugeführt.

Bayern speziell

B

C

D

E

F

G

### Wer ist zur Abwasserbeseitigung verpflichtet?

Die kommunale Abwasserentsorgung ist in Bayern eine Pflichtaufgabe der Gemeinde, die diese im Rahmen ihres eigenen Wirkungskreises erfüllen muss. Die Gemeinden können, um diese Aufgabe zu erfüllen, Satzungen erlassen, in denen meist auch der Anschluss- und Benutzungszwang für die Bürger des Gemeindegebiets festgeschrieben ist. Die Gemeinde kann also ihre Bürger zum Anschluss an den gemeindlichen Kanal zwingen.

Für den Bau und den Betrieb von Kanälen und Kläranlagen verlangt die Gemeinde von den Bürgern Gebühren (in Abhängigkeit von der verbrauchten Wassermenge) und Beiträge. Die Beiträge werden in der Regel nach Grundstücksflächen und Wohnflächen ermittelt. Die Gestaltung ihrer Satzung ist der Gemeinde im Wesentlichen selbst überlassen.

### Investitionen und staatliche Förderung

Obwohl die Abwasserentsorgung zu den Pflichtaufgaben der Gemeinden gehört, fördert auch der Freistaat Bayern den Bau und die Erweiterung und Modernisierung von Kläranlagen, um den Gemeinden einen Anreiz für Investitionen in diesem Bereich zu geben.

Der Freistaat unterstützte von 1990 bis 1998 die Städte und Gemeinden bei der Abwasserentsorgung mit ca. 5,5 Milliarden DM (Investitionsvolumen 12,1 Milliarden DM). Mit diesen Zuwendungen werden in erster

Bayern speziell

**Abb. D7**

Gewerbliche Abwasserreinigungsanlagen gibt es in manchen Fällen bereits am Anfallort: zum Beispiel Amalgamabscheider in Zahnarztpraxen



Linie die Gemeinden gefördert, für die durch die Baumaßnahmen unverhältnismäßig hohe Kosten entstehen würden.

Die Eigenleistungen der Gemeinden werden von den Bürgern durch einmalige Beiträge und über laufende Gebühren aufgebracht. Aufgrund der hohen staatlichen Zuschüsse können die bayerischen Gemeinden im Vergleich zum Bundesdurchschnitt die niedrigsten Gebühren erheben: die mittlere Abwassergebühr liegt bei 2,76 DM je Kubikmeter Abwasser. Mit durchschnittlich etwa 0,35 DM pro Einwohner und Tag sind die Kosten für die Abwasserbeseitigung, gemessen an den Ausgaben für andere Lebensbereiche, nach wie vor relativ gering.

#### Wer überwacht die Einhaltung der Reinigungsanforderungen?

Die Einhaltung der Reinigungsanforderungen wird im Rahmen der technischen Gewässeraufsicht der rund 3.100 kommunalen Kläranlagen und mehr als 1.500 gewerblichen Einleiter regelmäßig von den Wasserwirtschaftsämtern überprüft und kontrolliert. Eine bedeutende Rolle spielt jedoch auch die betriebliche Eigenüberwachung des Anlagenbetreibers, deren Ergebnisse regelmäßig den Überwachungsbehörden vorgelegt werden müssen. Sie sind Grundlage, um bei festgestellten Mängeln gezielte Abhilfemaßnahmen zu veranlassen.

### 1.3 Energiegewinnung

Wasserkraft ist die einzige regenerative Energiequelle, die in Bayern einen nennenswerten Beitrag zur Stromversorgung leistet: alle Wasserkraftwerke zusammen decken über 15 Prozent des Verbrauchs ab (► Modul B 1.2). Seit Jahrhunderten schon versteht es der Mensch, die Wasserkraft in seine Dienste zu stellen. Genauso lange entstehen auch immer wieder Nutzungskonflikte an den betreffenden Gewässern. So ist aus dem Mittelalter die Öffnung aller Wehre für den Lachszug auf Befehl des Grafen von Jülich überliefert. Um den Ausgleich der verschiedenen Interessen wird in jeder Generation, entsprechend den herrschenden gesellschaftspolitischen Wertvorstellungen, neu gerungen.

Energiegewinnung aus Wasserkraft fand früher fast ausschließlich über Ausleitungen

statt – hier war die ankommende Wassermenge auch bei Hochwasser noch am ehesten beherrschbar und man konnte mit den lange am Hang entlang gezogenen Triebwerkskanälen gleichzeitig die gewünschte Fallhöhe des Wassers erreichen. Früher durften diese Kraftwerke oft das ankommende Wasser vollständig auf ihre Turbinenräder leiten, mit der Folge, dass die alte Flussstrecke (bis auf Hochwasserzeiten) trocken fiel.

Am Ausleitungswehr ist das Gewässer für wanderwillige Wasserorganismen unpassierbar. Grundsätzlich gilt: Je kleiner und schneller Turbinenräder drehen, desto gefährdeter sind Fische während der Passage – und hier wiederum: je länger der Fisch, desto eher wird er verletzt werden.

Heute traut man sich, dem Gewässer ein Laufkraftwerk in den Weg zu stellen, dessen Staumauer die Fallhöhe bestimmt. Nachteil dieses Kraftwerkstyps neben der auch hier gegebenen Sperrenwirkung ist der Aufstau vor dem Wehr: Je nach Rückstaulänge kommt es zu einem seenartigen Lebensraum, der den ursprünglichen Fließgewässerorganismen keine Lebensmöglichkeiten mehr bietet (Boden verschlammt, weniger Sauerstoffgehalt im Wasser, traditionelle Beutetiere fehlen).

Aus biologischer Sicht besonders nachteilig sind Stau- oder Stauketten mit Schwellbetrieb: Das ankommende Wasser wird erst dann abgearbeitet, wenn der Strom am dringendsten gebraucht wird (Hochpreiszeit), d.h., wenn der Stau abgesenkt ist, sind die Ufer weitgehend trocken gefallen und die dort lebenden Wasserorganismen vertrocknen oder werden im besten Fall von Vögeln gefressen. Solche Gewässer veröden zumindest teilweise.

Die saubere Energie Wasserkraft hat also auch Nachteile und deshalb fordert der Gesetzgeber bei neuen Anlagen Maßnahmen zur wenigstens teilweisen Wiederherstellung der Durchgängigkeit für Wasserorganismen.

### 1.4 Fischerei

Bei der Fischerei sind die Angel- oder Freizeitfischerei und die Berufsfischerei zu unterscheiden. Bis auf wenige Ausnahmen (z. B. an der Donau oder den großen oberbayerischen Seen) ist die Berufsfischerei mit Teichwirtschaft gleichzusetzen.

A

B

C

D

E

F

G

A

An allen Gewässern ist ein Fischereirecht festgelegt; es ist dies ein Recht, das demjenigen des Grundeigentums gleichgestellt ist. Bachpaten müssen dies berücksichtigen.

Die Nutzung der Angelfischerei muss zuallererst auf einen standortgemäßen Fischartenbestand bedacht sein, es darf zu keiner Übernutzung kommen, d.h. verkürzt, es dürfen keine fangfähigen, also zum Verzehr ausreichend großen Fische besetzt werden. In Bayern gibt es über 200.000 Angelfischer und deren Präsenz an den Gewässern, bei gleichzeitigem Interesse an einem guten Gewässerzustand, bedeutet, dass viele Unregelmäßigkeiten gemeldet werden, die dem zahlenmäßig weit unterlegenen Aufsichtspersonal der Wasserwirtschaftsämter auch manchmal verborgen bleiben müssen.

Bayern speziell

B

C

D

Die Teichwirtschaft umfasst zwei Bereiche: die auf viel Frischwasser von guter Qualität angewiesenen Forellenzuchten und die Karpfenanlagen, die insgesamt mehr stehende Gewässer sind. Die klassischen, durchflusslosen Karpfenteiche bereiten allenfalls beim herbstlichen Ablassen in den unterliegenden Gewässern Probleme: bei zu raschem Ablassen kann es zu mächtigem Schlammaustrag kommen.

In den nordostbayerischen Zentren der Teichwirtschaft (z. B. Aischgrund, Tirschenreuth, Schwandorf) haben die Teiche schon aufgrund ihrer Gesamtfläche Einfluss auf das örtliche Kleinklima.

Bayern speziell

E

F

G

Dagegen sind die ständigen Abläufe von Forellenanlagen mit dem frischen Kot der Mastfische belastet: Wenn aller Kot ausgetragen wird, rechnen die Wasserwirtschaftsämter mit über 30 Einwohnerwerten an Belastung des aufnehmenden Gewässers je Tonne gemästeter Fische. Um wenigstens die nicht im Wasser gelösten Abwasserinhaltsstoffe zurückzuhalten, verlangt man heute Absetzanlagen vor der Wiedereinleitung ins Gewässer.

## 1.5 Wärmenutzung und Wärmebelastung

Wärmebelastungen ergeben sich vor allem aus dem Betrieb von Wärmekraftanlagen für die öffentliche Stromversorgung und in geringem Umfang auch bei Kühlprozessen im industriellen Bereich. Bei der Stromerzeugung in Wärmekraftwerken (Kohle, Öl oder Gas befeuerte Kraftwerke; Kernkraftwerke) fällt ein großer Teil der eingesetzten Energie als Ab-

wärme an, die entweder an die Flüsse oder an die Atmosphäre abgegeben werden muss.

Die Einleitungsanforderungen sind eng an das Vorkommen der Fischlebensgemeinschaften gekoppelt, weil Fische auf eine Temperaturerhöhung ihrer Lebensräume besonders empfindlich reagieren. Durch die Einleitung von Abwärme darf deshalb die Temperatur nach Vermischung mit dem Gewässer höchstens 28 Grad betragen, bei Gewässern mit Edelfischbeständen (Salmoniden wie z. B. Huchen, Äschen oder Bachforellen) sogar nur maximal 21,5 Grad. Die zulässige Erwärmung (Aufwärmspanne) nach Durchmischung beträgt maximal 3 Grad.

## 1.6 Schifffahrt

Der Main von der Landesgrenze zu Hessen bis Bamberg, der Main-Donau-Kanal von Bamberg bis Kehlheim sowie die Donau von Kehlheim bis Passau werden als Schifffahrtswege für den Gütertransport genutzt und unterliegen als Bundeswasserstraßen Anforderungen und Regelungen des Bundesverkehrsministeriums. Zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Schifffahrt wird der Main durch die Bundeswasserstraßenverwaltung vertieft und verbreitert. Außerdem werden Möglichkeiten zum Ausbau der schiffbaren bayerischen Donau zwischen Straubing und Vilshofen untersucht.

Bayern speziell

## 1.7 Literatur

### a) Broschüren und amtliche Schriften

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Wasserland Bayern*. 83 S., München 1999

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Bayern-Agenda 21*. 452 S., München 1998

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Grundwasser – Menge und Beschaffenheit des Grundwassers in Bayern*. Reihe *Wasserwirtschaft in Bayern*, Heft 28. 53 S., München 1994

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Grundwasser in Bayern – Wasserbeschaffenheit 1993/97*. Reihe Informationsberichte Heft 1/98. 127 S., München 1998

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Abwasserentsorgung von Einzelanwesen*. 26 S., München 1996

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Das mikroskopische Bild bei der biologischen Abwasserreinigung*. Reihe Informationsberichte Heft 1/99. 166 S und eine CD. München 1999

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Der Gewässerkundliche Dienst Bayern*. Reihe Informationsberichte Heft 3/98, München 1998

#### b) didaktisch aufbereitete Schulliteratur

Verband der Chemischen Industrie (VCI): *Umweltbereich Wasser*. Folienserie Nr. 13 vom Fonds der Chemischen Industrie. 48 Folien und ein Textheft. Frankfurt 1990

*Fließgewässer*. Unterricht Biologie Heft 59, Friedrich Verlag, Seelze 1981

*Ökosystem Stadtbach*. Praxis der Naturwissenschaften (PdN) Heft 2/43, Aulis-Verlag, Köln, 1994

*Wasser*. Lernchancen 1/98, Friedrich Verlag, Seelze 1998

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit: *Wasser*. Reihe *Magazin-spezial*, 9. Ausgabe. 82. S., Neuherberg 1994

Pews-Hocke, C. u.a.: *Wasser*. Lehrerheft und Themenheft für den fachübergreifenden Lernbereich *Naturwissenschaften*. PAETEC-Verlag, 1997

Scharf, K. H. und Zieris, F.-J. (Hrsg.): *Gewässergefährdungen*, Praxis der Naturwissenschaften Heft 1/42, 1993. Aulis-Verlag, Köln

Geo-Wissen: *Wasser – Leben – Umwelt*. Reihe Geo-Wissen Nr. 2, 1988. Verlag Gruner & Jahr, Hamburg

*Care-Paket*: Materialsammlung für die Hauptschule Geschichte/Sozialkunde /Erdkunde, 6. Jahrgangsstufe. CARE-LINE Verlag, Neuried, 1998.

Praxis Geographie: *Wasser – Versorgung und Entsorgung*. Heft 6/29. Westermann Verlag, Braunschweig 1999

Unterricht Biologie: *Trinkwasser*. Heft 155, Friedrich Verlag, Seelze 1990

Abwassertechnische Vereinigung (ATV): *Abwasser im Klartext und Weitergehende Abwasserreinigung in kommunalen Kläranlagen*. Broschüren der ATV, Bezugsadresse: Theodor-Heuss-Allee 17, 53773 Hennef, 1993

Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e. V. (VDG): verschiedene Broschüren und Schriften für den Schuleinsatz. Bezugsadresse: Matthias-Grünwald-Straße 1 – 3, 53175 Bonn

Graw, M. und Borchardt, D.: *Ein Bach ist mehr als Wasser*. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, 245 S., 8 Folien, 1999

Allianz Umweltstiftung: *Informationen zum Thema Wasser*, 44 S., 22 Folien, 1999

#### c) einführende Lehrbücher und Fachliteratur

Buck, H. und Buck, S.: *Mikroorganismen in der Abwasserreinigung*. 56 S., Hirthammer Verlag, München 1987

Brehm, J./Meijering, M. P. D.: *Fließgewässerkunde*. 295 S., Quelle & Mayer Verlag, Heidelberg 1996

Gradl, T.: *Leitfaden der Gewässergüte*. Oldenbourg Verlag, München 1981

Hütter, L.: *Wasser und Wasseruntersuchung*. Reihe Laborbücher Chemie, Diesterweg Verlag. 511 S., Frankfurt 1994

Klee, O.: *Angewandte Hydrobiologie*. Thieme Verlag. 272 S., Stuttgart 1991

A

B

C

D

E

F

G

## 2 Schüleraktivitäten

Hier finden Sie die Arbeitsblätter:

- DA1** Bestimmung des Wasserverbrauchs im Haushalt
- DA2** Datenblatt zur Bestimmung des Wasserverbrauchs in deiner Familie
- DA3** Bist du ein guter Wassersparer?
- DA4** Checkliste: Nutzungen am Fließgewässer
- DA5** Auswirkungen der Nutzungen auf das Fließgewässer
- DA6** Arbeitserleichterung für die Kläranlage – Jeder kann mithelfen!
- DA7** Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 1
- DA8** Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 2
- DA9** Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 3
- DA10** Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 4
- DA11** Ausschneidebogen: Modell einer Kläranlage

### 2.2 Ausweitung

Die Begehung eines Trinkwasserschutzgebietes mit der Erkundung des lokalen Wasserwerks schließt den Kreis von der Trinkwassergewinnung über den Verbrauch, die Reinigung und die Rückführung in das natürliche Gewässer.

### 2.1 Beiträge zu den Unterrichtsfächern

#### Mathematik/Rechnungswesen

- Prozentrechnen: Berechnung des Prozentwerts
- Umrechnen: Kubikmeter in Liter

#### Informatik

- Erstellen eines (Torten-)Diagramms

#### Erdkunde

- Erhebung von Daten
- Arbeiten mit Landkarten
- Durchführung von Befragungen

#### Chemie

- Fällreaktionen
- Möglichkeiten der Gewässerreinigung

#### Biologie

- Schutz der Biosphäre
- Erkundung einer biotechnischen Einrichtung
- Lehrwanderung zum Themenbereich „Lebensgemeinschaft Gewässer“



## Lösungen zu den Arbeitsblättern

### DA1

#### Trinkwasserverbrauch im Haushalt (bayerische Durchschnittswerte)

Toilettenspülung:	44,5 Liter
Baden und Duschen:	41,7 Liter
Wäschewaschen:	16,7 Liter
Körperpflege:	8,3 Liter
Geschirrspülen:	8,3 Liter
Gartenbewässerung:	5,6 Liter
Trinken/Kochen:	2,8 Liter
Autowäsche:	2,8 Liter
Sonstiges:	8,3 Liter
<b>Summe:</b>	<b>139,0 Liter</b>

## D

### DA2

#### Lösungswort: „Durchflussbegrenzer“

Gerät zum Einbau in Wasserhähnen und Duschen; es verringert den Wasserdurchfluss, indem dem Wasserstrahl Luft beigemischt wird. Der Wasserstrahl bleibt voll, gleichzeitig wird Wasser gespart.

### DA4

#### Auswirkung Gewässernutzung

A	→ 6
A	→ 7
B	→ 2
C	→ 11
D	→ 10
E	→ 12
F	→ 1
F	→ 3
G	→ 9
H	→ 5
I	→ 8
J	→ 12
J	→ 13
K	→ 4
selbst	→ 14
formuliert	

### DA6

Die Verteilung der Abfallstoffe kann folgendermaßen vorgenommen werden:

<b>Kompost/Grüne Tonne:</b>	Speisereste zerkleinerte Küchenabfälle
<b>Sondermüll:</b>	Medikamente Farben, Lacke
<b>Gelbe Tonne/Wertstoffhof:</b>	Motorenöl, Benzin Kunststoffe
<b>Hausmüll/Restmüll:</b>	Fett aus Pfanne oder Fritteuse Binden, Tampons Kondome, Watte
<b>Kanalisation:</b>	Abwaschwasser Urin Bade-, Duschwasser Kot Wasser aus der Wasch- maschine Toilettenpapier Sand

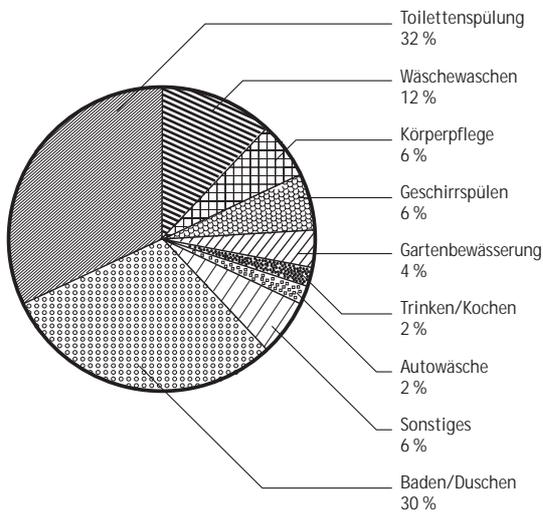
# Bestimmung des Wasserverbrauchs im Haushalt



## 1. Täglicher Wasserverbrauch eines Einwohners

Jeder Einwohner in Deutschland verbraucht täglich 139 Liter Trinkwasser.

Der Wasserverbrauch teilt sich in folgende Bereiche auf:



### Aufgabe

Berechne, wie viele Liter pro Bereich verbraucht werden.

Toilettenspülung:	46,4 Liter
Wäschewaschen:	..... Liter
Körperpflege:	..... Liter
Geschirrspülen:	..... Liter
Gartenbewässerung:	..... Liter
Trinken/Kochen:	..... Liter
Autowäsche:	..... Liter
Sonstiges:	..... Liter
Baden und Duschen:	..... Liter
<b>Summe:</b>	<b>139 Liter</b>

## DA1

## Schüleraktivitäten

## → 2. Der tägliche Wasserverbrauch in deiner Familie

**Materialien**

- ✓ Notizzettel
- ✓ Bleistift
- ✓ Datenblatt (DA2)
- ✓ Eimer
- ✓ Uhr mit Sekundenzeiger

**Aufgabe**

Ermittle den **täglichen Wasserverbrauch pro Familienmitglied und pro Verbrauchsstelle**.

**Hinweis**

Die Daten werden zunächst für eine Woche erhoben und dann auf einen Tag umgerechnet. Dadurch können bessere Durchschnittswerte ermittelt werden.

**Vorgehen**

- ① Bestimme den **wöchentlichen Wasserverbrauch deiner Familie** mit Hilfe der Wasseruhr. Trage den Zählerstand am Anfang und am Ende des Beobachtungszeitraums in das Datenblatt ein und berechne die Differenz.
- ② Ermittle den **Wasserverbrauch je Nutzungsstelle pro Woche**. Gehe dabei folgendermaßen vor:  
Hinterlege an jeder Nutzungsstelle (Waschmaschine, Geschirrspüler, Toilette, Dusche, Wasserhahn usw.) **einen Notizzettel und einen Bleistift**.  
Für **jede Nutzung** muss **ein Strich** auf dem Notizzettel eingetragen werden.  
Um den Verbrauch beim Autowaschen oder Gartengießen zu ermitteln **stoppst du die Zeit**, die zum Füllen eines 10l-Eimers mit dem Gartenschlauch benötigt wird. Aus der Dauer des Gartengießens/Autowaschens berechnest du dann den Wasserverbrauch.
- ③ Trage deine **Ergebnisse in das Datenblatt** ein.
- ④ **Berechne die fehlenden Werte** im Datenblatt zur „Bestimmung des Wasserverbrauchs in deiner Familie“.

*Ganz schön viel Wasser,  
was da so jeden Tag durch's  
Klo gespült wird.  
Und dann noch als Trinkwasser!*



## Datenblatt zur Bestimmung des Wasserverbrauchs in deiner Familie

### Wasserverbrauch im Haushalt

Anzahl der Personen im Haushalt: .....

Untersuchungszeitraum (7 Tage): von ..... bis .....

#### Ermittlung des Wasserverbrauchs im Beobachtungszeitraum:

Stand der Wasseruhr

• am Anfang der Untersuchung: ..... Kubikmeter

• am Ende der Untersuchung: ..... Kubikmeter

Gesamtwasserverbrauch: ..... Kubikmeter

Im Beobachtungszeitraum wurden ..... Liter Wasser verbraucht

#### Berechnung des durchschnittlichen Wasserverbrauchs pro Tag pro Person

Aus den bisher ermittelten Daten kannst du berechnen, wie viele Liter Wasser eine Person in eurem Haushalt an einem Tag verbraucht. Notiere deinen Rechenweg und dein Ergebnis.



D

### Ermittlung des Wasserverbrauchs pro Nutzungsstelle

	Anzahl der Nutzungen	x	Wasser- verbrauch pro Nutzung	=	Gesamt- verbrauch pro Woche	Liter	Verbrauch pro Person pro Woche	Liter	Verbrauch pro Person Person pro Tag	Liter
Toilettenspülung	.....	x	9 Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Baden	.....	x	150 Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Duschen	.....	x	20 Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Wäschewaschen*	.....	x	..... Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Körperpflege (Zähneputzen, Waschen)	.....	x	1 Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Geschirrspülen*	.....	x	..... Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Gartenbewässerung	.....	x	..... Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Trinken/Kochen (Verbrauch über Entnahme schätzen)	.....	x	..... Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Autowäsche	.....	x	..... Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter
Sonstiges	.....	x	..... Liter	=	.....	Liter	.....	Liter	.....	Liter

\* Der Verbrauch der Geräte ist in der jeweiligen Gerätebeschreibung angegeben.



**Auswertung**

- 1 Stelle deine Ergebnisse in einem **Diagramm** dar (Säulen- oder Tortendiagramm). Diese Aufgabe kannst du auch mit dem Computer erledigen.
- 2 **Wo** könnte in deiner Familie **Wasser gespart** werden? Mache Vorschläge.
- 3 **Vergleiche:**
  - a) den Gesamtverbrauch deiner Familie,
  - b) den Verbrauch pro Familienmitglied

mit den Durchschnittswerten für einen Einwohner (siehe Tortendiagramm **DA1**).  
Wo gibt es Abweichungen? Suche nach Erklärungsmöglichkeiten.

**D**

*Ab morgen:  
einmal die Woche  
dusCHFrei  
für die ganze Family!*



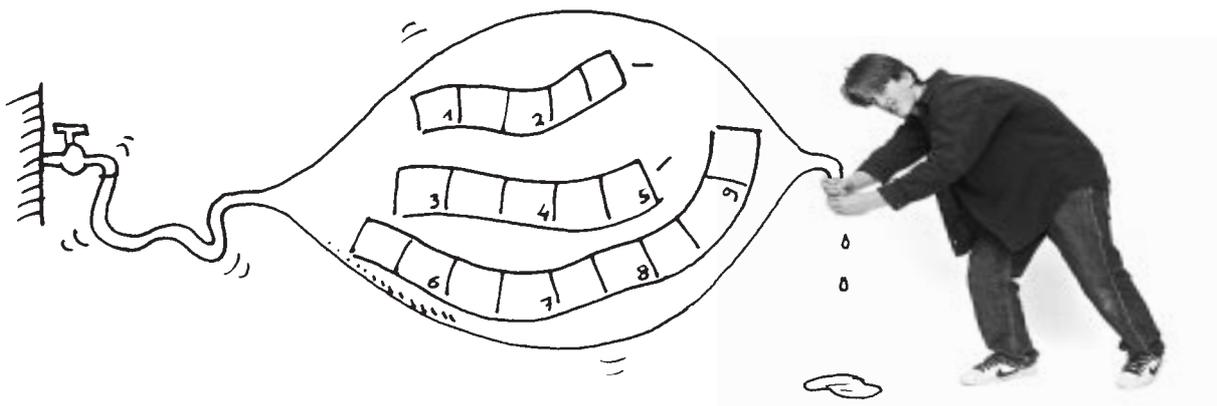
## Bist du ein guter Wassersparer?

### Aufgabe

Du kannst herausfinden, ob du ein guter Wassersparer bist, indem du die folgenden 9 Aufgaben löst. Der **gesuchte Begriff** bezeichnet ein **Gerät**.

**Beschreibe dessen Funktion**, sie ergibt sich aus dem Gerätenamen.

Trage die Buchstaben vor den richtigen Antworten in die vorgesehenen Kästchen im Lösungsschema ein. Achte darauf, dass du die Buchstaben an die richtige Stelle schreibst. (Dieses Rätsel kann auch in Partnerarbeit gelöst werden.)



#### Beim Zähneputzen (3)

- BL Den Wasserhahn stets aufgedreht lassen
- FL Einen Zahnputzbecher verwenden
- KL Einfach nicht mit Wasser nachspülen

#### Toilette mit Spülkasten (7)

- RI Immer so lange spülen, bis der Wasserkasten leer ist
- RE Immer so lange spülen, bis die Toilettenschüssel leer ist
- RO Immer die Spartaste benutzen

#### Beim Duschen (5)

- SP Immer die ganze Familie auf einmal duschen
- SS Das Wasser volle Brause laufen lassen
- SB Nassmachen – Wasser abdrehen – einseifen – abduschen

#### Autowäsche (8)

- NZ Auto wenn nötig in die Waschanlage fahren
- TZ Auto im Vorgarten kräftig einschäumen und mit reichlich Wasser gut abspritzen
- SZ Auto immer samstags waschen

#### Tropfender Wasserhahn (6)

- UG Wasser sammeln und zum Blumengießen verwenden
- OG Türe schließen, damit man das Tropfgeräusch nicht hört
- EG Den Hahn entkalken und die Dichtung erneuern

#### Geschirrspülmaschine (1)

- ICH Einfach jeden Abend laufen lassen
- DU Nur spülen, wenn die Maschine voll ist
- ER Wegwerfgeschirr kaufen und die Maschine gar nicht laufen lassen

#### Wäsche waschen (4)

- AS Wäsche/Kleidung so lange tragen, bis sie auf der Giftmülldeponie entsorgt werden kann
- US Bei normal verschmutzter Wäsche auf den Vorwaschgang verzichten
- OS Grundsätzlich nur im Kurzwaschprogramm waschen

#### Gartenbewässerung (9)

- ES Sprinkleranlage im Dauerbetrieb lassen für einen immerfeuchten Garten
- ET Regenwasser sammeln und am späten Vormittag gießen
- ER Stets abends gießen

#### Baden (2)

- RCH Nur bei Bedarf baden, ansonsten eine schnelle Dusche nehmen
- SCH Möglichst große Wanne ins Bad einbauen lassen
- RST Täglich ein Wannenbad nehmen

# Nutzungen am Fließgewässer

## Checkliste

### Materialien

✓ Checkliste ✓ topographische Karte 1 : 25.000 ✓ Bleistift

### Vorbereitung

Die Klasse wird in **Gruppen** eingeteilt. Jede Gruppe übernimmt einen **Bachabschnitt**.

### Aufgabe

Stellt fest, **welche Gewässernutzungen** in eurem **Bachabschnitt** vertreten sind.

### Vorgehen

**Wertet** die topographische Karte **aus**, indem ihr die **festgestellten Nutzungen in die Checkliste** eintragt.

## Gewässernutzungen

<p><b>1. Kläranlageneinleitungen</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Größe ..... , Einwohnerzahl .....</p>
<p><b>2. Regenüberläufe</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p>
<p><b>3. gewerbliche Einleiter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einleitung direkt in den Bach</li> <li>• Einleitung über die Kanalisation in den Bach, eventuell eigene Kläranlage</li> </ul>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p> <p>vertretene Branchen:</p> <p>.....</p>
<p><b>4. Kühlwassereinleitung</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p>
<p><b>5. Straßenentwässerung</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p>
<p><b>6. Wasserversorgung aus Flusswasser</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p>
<p><b>7. Bewässerung</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p>
<p><b>8. Viehtränke</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p>
<p><b>9. Kraftwerke</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Anlagen für Fischdurchgängigkeit</li> <li>• Mindestwasserführung im Mutterbett</li> </ul>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p> <p>Gesamtleistung der Kraftwerke in Kilowatt: .....</p>
<p><b>10. Fischteiche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mit Kontakt zum Bach</li> <li>• mit Fütterung</li> <li>• regelmäßige Abfischung</li> <li>• Schlammräumung</li> </ul>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl: .....</p>
<p><b>11. Fischereirechtliche Bachnutzung</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Zahl der Fischereiberechtigten: .....</p>
<p><b>12. Nutzung als Badegewässer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• offizielles Freibad im Gewässer</li> </ul>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Anzahl der Badegäste bei schönem Wetter: .....</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p>
<p><b>13. Freizeit und Erholung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bootfahren</li> <li>• Spazierwege am Gewässer</li> </ul>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p> <p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein</p>
<p><b>14. Sonstige Nutzung</b></p>	<p><input type="checkbox"/> ja    <input type="checkbox"/> nein;    wenn ja, Art der Nutzung:</p> <p>.....</p>

### Auswertung

Überlegt, welche **Auswirkungen** die jeweilige **Nutzung auf das Fließgewässer** hat. Verwendet dazu das Arbeitsblatt **DA5** oder legt eine Liste (1 – 14) an, in die ihr jeweils die Auswirkungen eintragt.

### Ausweitung

**Ergänzt und überprüft** eure Checkliste durch eine **Begehung eures Bachabschnittes** und durch die **Befragung** der unter „Hinweis“ angegebenen Stellen.

### Hinweis

**Informationen** gibt es bei folgenden Stellen: Gemeindeverwaltung, Landratsamt, Wasserwirtschaftsamt, Fischereiberechtigten, Angelverein usw.

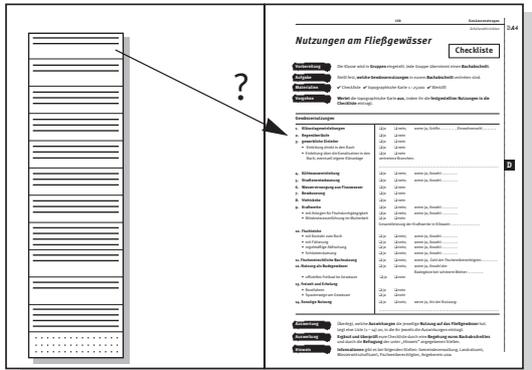
D

# Auswirkungen der Nutzungen auf das Fließgewässer

## Aufgabe

1. Klebt die **Checkliste Nutzungen am Fließgewässer (DA4)** in eure Hefte (**rechte Seite** einer Doppelseite)
2. **Schneidet den nebenstehenden Textblock aus** und klebt ihn auf die gegenüberliegende Seite im Heft
3. **Ordnet den Gewässernutzungen die entsprechenden Auswirkungen zu**, indem ihr sie mit Pfeilen verbindet. (Verwendet zunächst nur einen Bleistift!)

## Muster



Der Wasserstand sinkt, und das besonders in trockeneren Monaten. Die Tiere und Pflanzen im und am Wasser leiden unter dem starken Wassermangel. **A**

Reicht die Kapazität der Kläranlage nicht aus, so gelangt vor allem bei Starkregen ungeklärtes Abwasser mit all seinen Verunreinigungen in den Fluss. **B**

Es besteht die Gefahr der Übernutzung. Darunter versteht man, dass fangfähige, also zum Verzehr ausreichend große Fische im Gewässer ausgesetzt werden. Im Fluss müssten sich dann zu viele Fische das Nahrungsangebot teilen. **C**

Vor allem die auf Frischwasser angewiesenen Forellenzuchten können die Wasserqualität des Flusses verschlechtern, wenn zu viel mit dem Kot der Mastfische belastetes Wasser in den Fluss zurückgeführt wird. **D**

Lärm, Befestigung der Ufer, Beseitigung des natürlichen Bewuchses, Belastung des Wassers mit Sonnenschutzmitteln sind nur einige Auswirkungen dieser Nutzung. **E**

Selbst geklärtes Wasser enthält noch Phosphor und Stickstoff. Diese Nährsalze tragen zur Überdüngung der Gewässer und damit zum Algenwachstum bei. Auch kann nicht vollständig verhindert werden, dass schädliche Chemikalien oder Bakterien in den Fluss gelangen. **F**

Je höher die Staumauer und je schneller die Turbinen, desto geringer ist die Möglichkeit für Fische, im Fluss zu wandern. Zudem kann ein Großteil des Lebens im Fluss zerstört werden, wenn er zeitweise trocken fällt. **G**

Kraftfahrzeuge verlieren oft Öl. Die dunklen Flecken auf Parkplätzen und Straßen oder schillernde Pfützen sind Zeugen dafür. Ein Liter Öl verschmutzt eine Million Liter Wasser. **H**

Kuhfladen führen, wie alle Fäkalien, zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität. Und dort, wo Vieh zur Tränke geht, fällt immer ein „Fladen“. **I**

Lärm und ständige Bewegung entlang der Ufer und im Flusslauf selbst stören die dort lebenden Tiere und verändern deren Lebensraum. **J**

Restwärme bei der Energieerzeugung wird durch die Verdunstung von Wasser in Kühltürmen verringert. Das Wasser aus diesen Kühltürmen ist wärmer als das Gewässer. Folgen: Die Temperatur des Gewässers, in das das Kühlwasser eingeleitet wird, erhöht sich. Warmes Wasser kann weniger Sauerstoff aufnehmen. **K**

.....

.....

.....

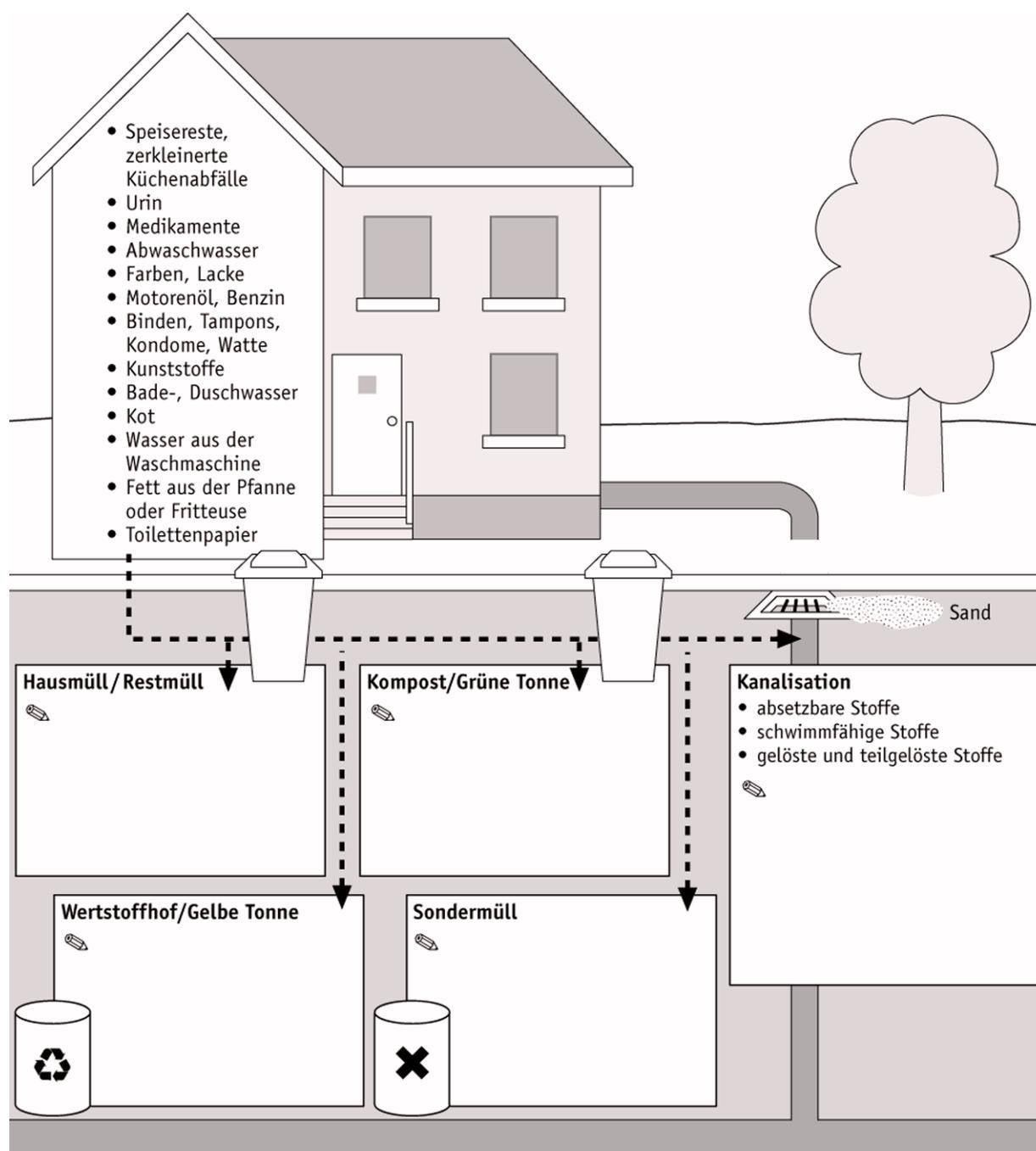
D

## Arbeitserleichterung für die Kläranlage – Jeder kann mithelfen!

Die Kläranlage hat die Aufgabe, verschmutztes Wasser zu reinigen und das saubere Wasser an Flüsse und Seen abzugeben. Das ist angesichts der vielen Stoffe, mit denen das Abwasser belastet ist, keine leichte Aufgabe. **Jeder (Haushalt) kann mithelfen, die Kläranlagen vor überflüssigen und schädlichen Belastungen zu schützen.** Wie? Indem er nur die Reststoffe in den Abfluss oder die Toilette gelangen lässt, die dorthin gehören.

### Aufgabe

Überlegt, **welcher Reststoff wohin** gehört.  
Tragt die Begriffe in die richtige „Entsorgungsstelle“ ein.



## Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 1

### Vorbereitung

Die Klasse teilt sich in **vier Gruppen** auf. Die Gruppen erhalten **verschiedene Fragebögen**. Jede Gruppe beantwortet die Fragen durch Befragung des Klärwärters bzw. weiterer mit dem Betrieb der Kläranlage betrauter Personen.

Allgemeine Informationen	Gruppe 1
--------------------------	----------

Wer ist der **Betreiber** der Kläranlage?

**Seit wann** ist die Kläranlage in Betrieb?

Wurde die Kläranlage **umgebaut/erweitert/erneuert**?  ja  nein

Wenn ja, **wann:** ..... **Grund:** .....

**Für wie viele Einwohner** (Einwohnergleichwerte) ist die Anlage gebaut?

**Wie viele Einwohner entsorgen** in die Kläranlage?

**Welche Gemeinden** sind an die Kläranlage angeschlossen?

Gibt es Gemeinden, die **noch nicht angeschlossen** sind?  ja  nein

Wenn ja, **welche Gemeinden** sind noch nicht angeschlossen?

**Warum** sind diese Gemeinden noch nicht angeschlossen?

**Wie** wird dort das **Abwasser gereinigt** beziehungsweise entsorgt?

**Wie stark** ist die Kläranlage **ausgelastet**? ..... %

Wie hoch sind die **Abwassergebühren** pro Kubikmeter Abwasser? ..... DM

**Wieviel** kostet ein Kubikmeter Trinkwasser? ..... DM

### Nachbereitung

Ihr liefert die **allgemeinen Informationen über die Kläranlage**.

Zur Verdeutlichung der Lage der angeschlossenen bzw. noch nicht angeschlossenen Gemeinden fertigt ihr eine **Skizze** an. Verwendet dazu eine topographische Karte.

Heftet die Skizze und die kurzgefassten allgemeinen Informationen zum Plakat **Grundriss der Kläranlage** (wird von Gruppe 3 angefertigt).

Eure Informationen präsentiert ihr anschließend in einem kleinen **Vortrag**.

## Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 2

Abwasser, das in die Kläranlage gelangt	Gruppe 2
-----------------------------------------	----------

Wie viele Liter Abwasser pro Tag kommen im Durchschnitt in der Kläranlage an?

..... Liter

Wie viel Prozent des Abwassers kommen aus

a) den Haushalten: ..... %    b) der Industrie: ..... %    c) der Landwirtschaft: ..... %

Wie viel Prozent des Abwassers sind **unverschmutztes Wasser** (Grundwasser, Regenwasser)?

..... %

Gibt es **Betriebe**, die ihre Abwässer in die **kommunale Kläranlage** einleiten?     ja     nein

Wenn ja, **welche** Betriebe?

Gibt es **Betriebe**, die ihre Abwässer in einer **eigenen Kläranlage** reinigen?     ja     nein

Wenn ja, **welche** Betriebe?

Mit **welchen Stoffen** ist das Abwasser belastet?

**Welche Stoffe** bereiten der Kläranlage die **meisten Schwierigkeiten**?

Stoff:

Schwierigkeit:

.....	.....
.....	.....
.....	.....
.....	.....

### Nachbereitung

Ihr liefert die **Informationen über das Abwasser**.

Zusätzlich ermittelt ihr die **Abwassermenge pro Einwohner/Tag** (Gruppe 1 nach Einwohnerzahlen fragen!).

Den **prozentualen Anteil des Abwassers** aus den einzelnen Bereichen stellt ihr in einer **Grafik** (Säulen-, Tortendiagramm) dar. Natürlich könnt ihr den Computer benutzen.

Alle **Ergebnisse und Informationen** haltet ihr **schriftlich** fest und klebt sie zum Plakat **Grundriss der Kläranlage** (wird von Gruppe 3 angefertigt) .

Eure Informationen präsentiert ihr in einem kleinen **Vortrag**.

## Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 3

Aufbau und Arbeitsweise der Kläranlage	Gruppe 3
----------------------------------------	----------

Welche Aufgabe hat die

a) **mechanische** Abwasserreinigung?

b) **biologische** Abwasserreinigung?

c) **weitergehende** Abwasserreinigung?

Mit **welchen** dieser **Reinigungsstufen** ist die Kläranlage ausgestattet?

a)

b)

cI) Stickstoffentfernung

cII) Phosphatentfernung

Prüft, ob die aufgelisteten Anlagenbestandteile in der Kläranlage vorhanden sind, und notiert deren Aufgabe.

Anlagenbestandteile	vorhanden?	Aufgabe
Rechenanlage/Sandfang	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Vorklärbecken	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Belebungsbecken	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Tropfkörperanlage/ Tauchkörperanlage	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Nachklärbecken	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Faultürme	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
Sonstiges	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	

### Nachbereitung

Im Klassenzimmer gestaltet ihr ein **großes Plakat**, das den **Grundriss der lokalen Kläranlage** zeigt. Dazu schneidet ihr aus dem Bogen „Modell einer Kläranlage“ (**DA11**) die Bestandteile aus, die in der Kläranlage, die ihr besucht habt, vorhanden sind. Fehlende Bestandteile könnt ihr auch selbst zeichnen.

Dann klebt ihr sie so auf, wie es dem Grundriss dieser Kläranlage entspricht. Achtet darauf, dass die Einzelteile großzügig über das Plakat verteilt sind. Schließlich soll auch noch die Beschriftung Platz haben. Ihr informiert über Aufbau und Arbeitsweise der Kläranlage.

Fertigt kurze **Beschriftungszettel zu den Aufgaben der einzelnen Bestandteile der Kläranlage** an und klebt sie an die richtigen Stellen auf dem Plakat **Grundriss der Kläranlage**.

Verbindet mit **Pfeilen** den Weg des Abwassers durch die Kläranlage.

Eure Informationen präsentiert ihr in einem kleinen **Vortrag**.

## Fragebogen zur Erkundung einer Kläranlage 4

Ergebnis der Abwasserreinigung	Gruppe 4
--------------------------------	----------

Welcher **Anteil in Prozent** (= Wirkungsgrad) von folgenden Stoffen wird aus dem Abwasser in der Kläranlage entfernt?

- a) **feste Stoffe** ..... %                      b) **organische Schmutzstoffe** ..... %  
 cI) **Nährsalze** (Stickstoff) ..... %                      cII) **Nährsalze** (Phosphat) ..... %

In welches **Gewässer** wird das geklärte Wasser eingeleitet?

An **welcher Stelle** genau?

Gelangen manchmal auch **ungeklärte Abwässer** in den Fluss?     ja     nein

Wenn ja, warum?

Was versteht man unter **Klärschlamm**?

Was geschieht mit dem Klärschlamm?

a) **Verbrennung**             ja     nein    Wo? .....

b) **Deponierung**             ja     nein    Wo? .....

c) **landwirtschaftliche Verwertung**     ja     nein    Wo? .....

**Warum** wird Klärschlamm **verbrannt**?

Was passiert, wenn der Klärschlamm „**stabilisiert**“ wird?

Gibt es Schwierigkeiten wegen **Geruchsbelästigung**?     ja     nein

### Nachbereitung

Ihr liefert die **Ergebnisse** der Abwasserreinigung. Eure Informationen präsentiert ihr in einem **kleinen Vortrag**.

Den Wirkungsgrad der Abwasserreinigung könnt ihr **grafisch darstellen** (Säulen-, Tortendiagramm). Wo das geklärte Wasser in den Fluss zurückgeführt wird, könnt ihr auf der topographischen Karte zeigen.

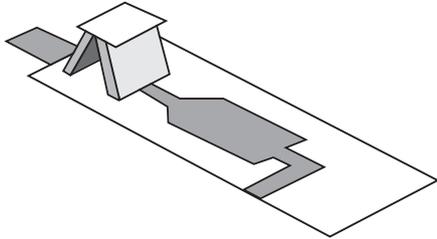
Schreibt eure zu Stichpunkten **zusammengefassten Informationen** auf **kleine Zettel** und heftet sie an das Plakat **Grundriss der Kläranlage** (wird von Gruppe 3 angefertigt).

## Ausschneidebogen: Modell einer Kläranlage

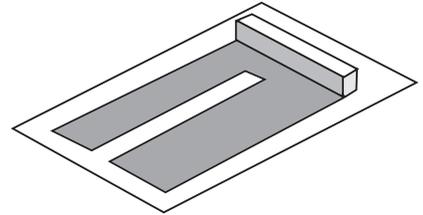
Tipp: vor dem Ausschneiden auf A3 vergrößern!



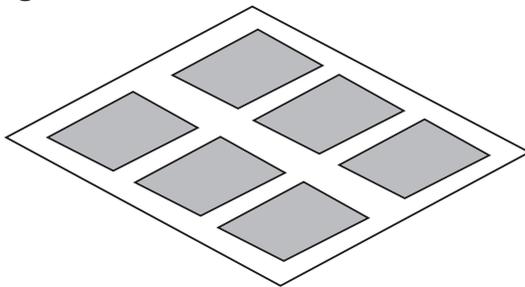
Rechen/Sandfang



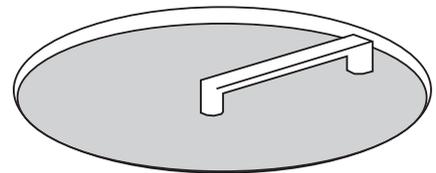
Vorklärbecken



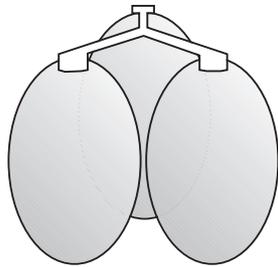
Belebungsbecken



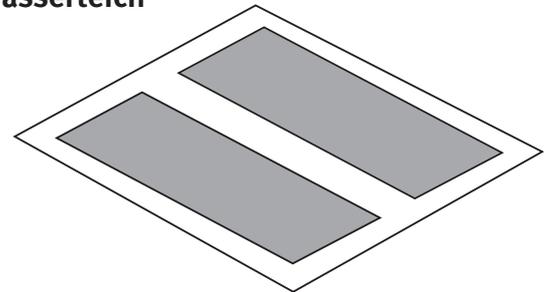
Nachklärbecken



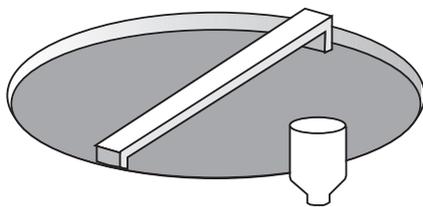
Faultürme



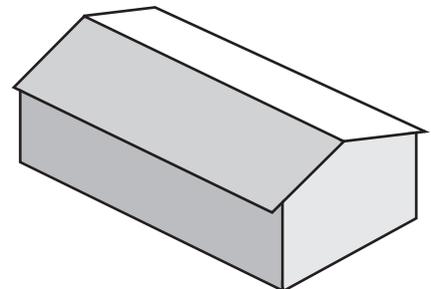
Abwasserteich



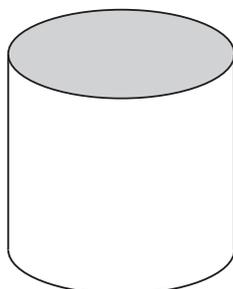
Flockungsbecken



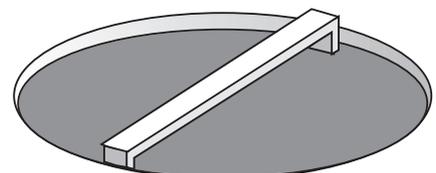
Schlammwässerung



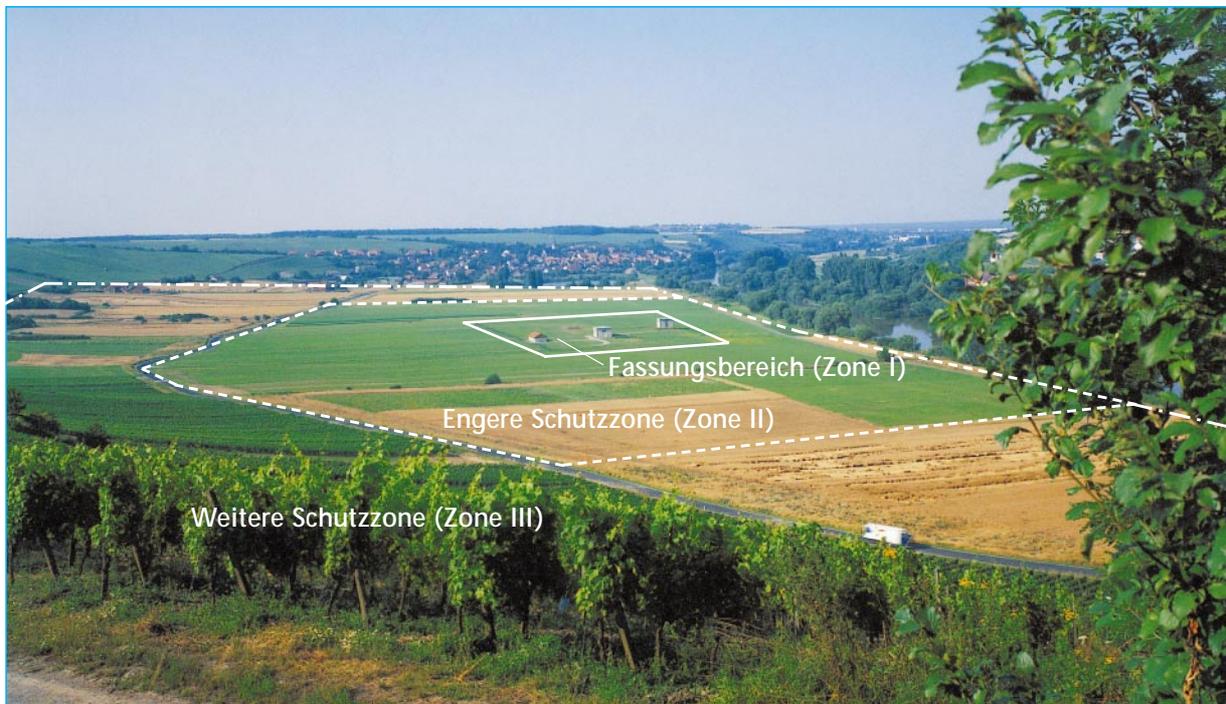
Tropfkörper



Eindicker



## Einteilung eines Trinkwassereinzugsgebiets in Wasserschutz-zonen

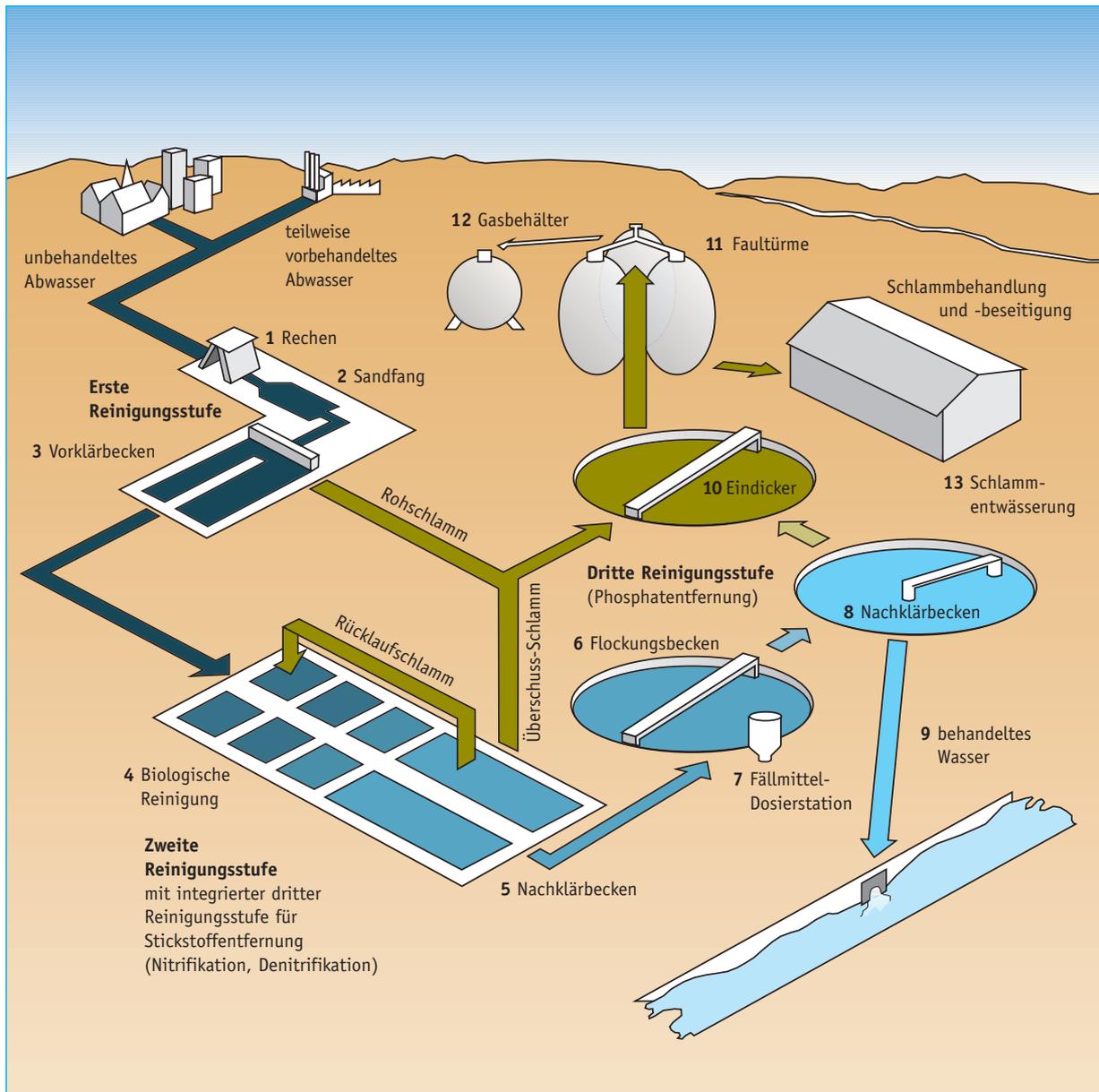


D



Hinweistafel zur Kennzeichnung  
von Wasserschutz-gebieten

# Schematischer Überblick einer modernen Kläranlage



D

- erste Reinigungsstufe
- zweite Reinigungsstufe
- dritte Reinigungsstufe
- behandeltes und gereinigtes Abwasser
- Schlammpfad

Quelle: BMU/Imago 87 GmbH Freising, verändert



## Bewertung der Gewässergüte

### 1 *Sachinformationen*

1.1	Historischer Rückblick	120
1.2	Biologische Gewässergütebestimmung	121
1.3	Bestimmung der physikalisch-chemischen Wasserqualität	127
1.4	Bewertung von Seen	130
1.5	Weitere Methoden zur Zustandserfassung und Bewertung von Fließgewässern	134
1.6	Literatur	140



## 1 Sachinformationen

### E

Die folgenden Sachinformationen

- geben einen historischen Rückblick zur Entwicklung biologischer Bewertungsverfahren,
- erläutern exemplarisch die Methoden und Anwendungsfelder der Gewässergütebestimmung,
- erläutern die Bedeutung ausgewählter chemischer Messgrößen,
- beschreiben die staatlichen Messnetze zur Erfassung der Wasserqualität,
- erläutern die Methoden der Bewertung von Seen,
- geben einen knappen Überblick über weitere Methoden zur Zustandserfassung und Bewertung von Gewässern,
- gehen auf die „Grenzwertproblematik“ ein.

### 1.1 Historischer Rückblick

Menschen haben seit alters her bevorzugt an Gewässern gesiedelt. Die Sicherung vielfältiger Nutzungen und der Schutz des Menschen vor dem Wasser standen dabei lange Zeit im Vordergrund. Mit der zunehmenden Industrialisierung musste man mit zwei Problemen gleichzeitig fertig werden: mit dem Wassermangel in den rasch wachsenden Ballungszentren und mit zunehmenden hygienischen Problemen, die zu furchtbaren Epidemien führten. So traten z. B. in München 1836, 1854 und 1873 Cholera- bzw. Typhusepidemien auf, die mehrere tausend Todesopfer forderten. Noch 1892 kam es in Hamburg, dessen Anwohner mit Elbflussswasser versorgt wurden, zu einer schweren Choleraepidemie. Die ergriffenen Abhilfemaßnahmen führten zu einer räumlichen Trennung der Stoffkreisläufe von Wasserversorgung und Abwasserentsorgung. Die Abwässer wurden über eine Schwemmkanalisation gesammelt und punktförmig in die Gewässer eingeleitet.

Die fachliche Begründung für diese Maßnahmen wurde von ersten Versuchen geliefert, den Zustand eines Gewässers und die Wasserqualität zu beschreiben. Solche Fragen der

Gewässergütebewertung wurden damals noch vorrangig im Zusammenhang mit der Gefährdung der menschlichen Gesundheit behandelt (nutzungsbezogener Ansatz). So stellte *Cohn* 1853 fest, dass „Infusionstierchen des Trinkwassers nicht an sich schädlich, sondern Anzeichen dafür sind, dass das Wasser eine der Gesundheit nicht zuträgliche Beschaffenheit besitzt“. Die bakteriellen Ursachen konnten jedoch erst später mit den Arbeiten von *Robert Koch* und *Max von Pettenkofer* nachgewiesen werden.

Nutzungsbezogene Bewertungsansätze sind auch heute noch mit voller Berechtigung vielfach im Gebrauch, z. B. zur Sicherung der Qualität in der Wasserversorgung (Trinkwasserverordnung) oder der Badegewässer (EG-Richtlinie und bayerische Badegewässerverordnung).

Bei der Seenbewertung sind die ersten systematischen Untersuchungen zum Stoffhaushalt und zu den biologischen Wirkungen mit den Pionierarbeiten von *Thienemann* und *Naumann* verknüpft. Die Weiterentwicklung ist eng mit den Untersuchungen *Vollenweiders* in den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts verbunden. Dieser untersuchte die dominierende Bedeutung des Phosphors als Eutrophierungsfaktor sehr eingehend und setzte sie in gewässerspezifische Belastungskonzepte um.

Der Ansatz, im Gewässer lebende Organismen als Anzeiger einer (nicht nur auf den Menschen bezogenen) Fließgewässerqualität zu untersuchen, wurde mit den grundlegenden Arbeiten von *Kolkwitz* und *Marsson* Anfang des 20. Jahrhunderts fortgesetzt und führte schließlich – nach Änderungen von *Liebmann* (1951) – zum sog. Saprobiensystem, das bundeseinheitlich zur biologischen Gewässergütebewertung der Fließgewässer verwendet wird.

## 1.2 Biologische Gewässergütebestimmung

### 1.2.1 Das Prinzip der Bioindikation

Wird ungereinigtes Abwasser in ein Gewässer eingeleitet, so gelangen organische Schmutzstoffe und andere Verbindungen in das Wasser. Ein wesentlicher Teil der Verbindungen dient als Nahrungsgrundlage für Kleinlebewesen (z. B. Bakterien und Einzeller), die

sich dabei massenhaft vermehren und Sauerstoff verbrauchen und die dann ihrerseits von größeren Organismen gefressen werden. Dieser im Gewässer ablaufende Prozess, bei dem Schmutzstoffe abgebaut werden, wird als **Selbstreinigung** bezeichnet.

Die standorttypischen Lebensgemeinschaften werden dadurch in ihrer Zusammensetzung in einer Gewässerstrecke von einigen hundert Metern bis einigen Kilometern unterhalb der Einleitung in charakteristischer Weise verändert. Aus der Beobachtung, dass in Fließgewässern diese natürlichen Selbstreinigungsprozesse ablaufen, wurde das empirisch beschreibende Saprobiensystem entwickelt.

Die am Gewässergrund vorkommenden Gewässerorganismen und Lebensgemeinschaften können damit als Zeigerorganismen (Bioindikatoren) des Verschmutzungsgrads mit abbaubaren (fäulnisfähigen) organischen Schmutzstoffen herangezogen werden. Die Anzeige basiert auf dem Prinzip der ökologischen Nische, nach dem Organismen nur dort dauerhaft leben und sich vermehren können, wo die Lebensansprüche durch das ökologische Angebot gedeckt sind. Sie integrieren damit auch die Belastungswirkungen über die gesamte Dauer ihrer Lebensspanne im Gewässer, die von einigen Tagen (z. B. Wimpertierchen) über mehrere Jahre (z. B. Steinfliegenlarven) bis zu 100 Jahre (Perlmuscheln) reicht.

Nicht alle Gewässerorganismen sind gleichermaßen zur saprobiellen Güteindikation geeignet. Grundsätzlich ausgenommen sind z. B.

- alle Pflanzen, die als Produzenten weitgehend verschmutzungsunabhängig sind (Schwebealgen, Aufwuchsalgen, höhere Wasserpflanzen),
- tierische Organismen (Einzeller bis Fische) ohne enge Bindung an einen Lebensraum, die als „Allerweltsarten“ (Ubiquisten) sowohl gering als auch stark verschmutzte Gewässer besiedeln, wie z. B. manche Egel.

Für exaktere Einstufungen ist eine möglichst gute Artenkenntnis unverzichtbar, weil auf der Ebene höherer Verwandtschaftsgrade (wie Gattungen, Familien) häufig ähnliche Formen zusammengefasst sind, die aber unterschiedliche Ansprüche haben.

A

B

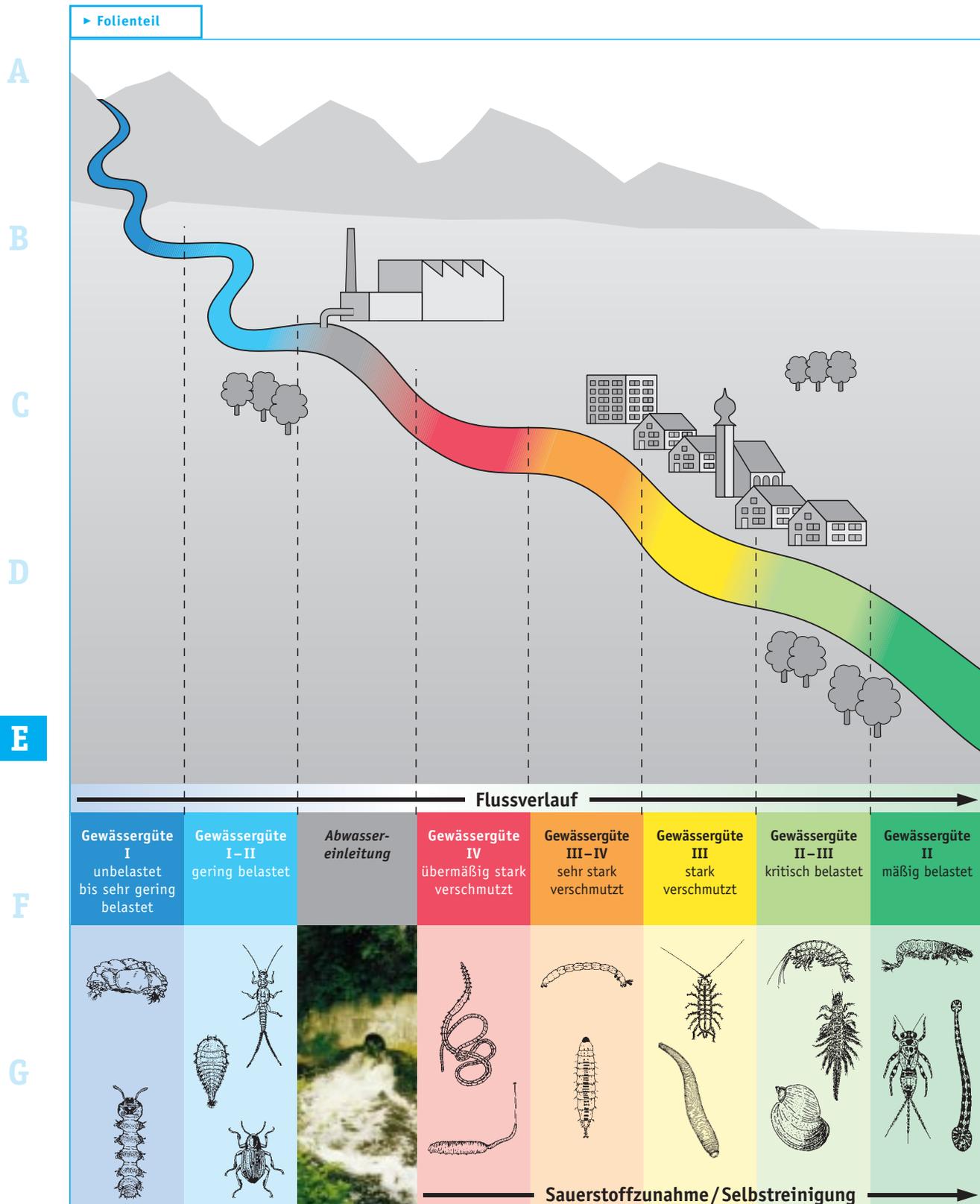
C

D

E

F

G



**Abb. E1**  
Der Verlauf der Selbstreinigung und die Gewässergüteklassen

### 1.2.2 Durchführung der Gewässergütebestimmung

Untersuchungen zur Gewässergütebestimmung gliedern sich in folgende Teilschritte:

- Wahl des Untersuchungszeitraums:  
Günstige Bedingungen sind eine stabil niedrige Wasserführung (deutlichere Aussagekraft, Zugänglichkeit), keine unmittelbar vorhergehenden Hochwasser (Abschwemmung der Organismen).
- Auswahl des Untersuchungsabschnittes:  
Untersucht werden sollten jeweils Abschnitte von ca. 100 m bis 200 m Länge oberhalb und unterhalb von Einleitungen oder Einmündungen mit möglichst natürlichen Substraten (Gewässeruntergrund), also keine betonierten Kanäle o. Ä.
- Aufsammeln der Organismen möglichst über die gesamte Bachbreite: Günstige Substrate sind Steine, Geröll (auch Unterseiten), Kies, Wasserpflanzen.
- Bestimmen der Organismen und Abschätzen der Häufigkeit.
- Bewertung und Darstellung der Ergebnisse.

Biologische Gewässergüteuntersuchungen erfordern langjährige Erfahrungen in der korrekten Ansprache der vorkommenden Organismen. Sie werden an den Wasserwirtschaftsämtern und den Regierungen deshalb von dafür ausgebildeten Spezialisten (Biologen, biologisch arbeitendes Personal), vereinzelt auch von freiberuflich tätigen Spezialisten oder Universitäten, durchgeführt. Die Auswertung erfolgt unter Zuhilfenahme der bayerischen Liste der Gewässerorganismen. In dieser Liste sind aus langjährigen Erfahrungen mehr als 7.000 verschiedene Arten aufgeführt und hinsichtlich ihres Anzeigewertes der organischen Verschmutzung eingestuft.

### 1.2.3 Gewässergütekarten in Bayern

Die Ergebnisse der bayerischen Gewässergüteuntersuchungen werden in einer farbigen Gütekarte zusammengefasst und dargestellt. Diese Gütekarte stellt in den Farben des Regenbogens den Grad der Verschmutzung in 7 Stufen anschaulich dar (4 Hauptklassen und 3 Zwischenklassen, **Abb. E1**): Die Farben Violett und Blau (Güteklasse I und I – II) kennzeichnen weitgehend „unbelastete“ oder nur „gering belastete“ Gewässer. Gewässer

mit „mäßiger Belastung“ (Güteklasse II) sind dunkelgrün dargestellt. Gewässerabschnitte mit Verschmutzungen (Güteklassen III, III – IV und IV) sind durch die gewässerfremden Warnfarben Gelb, Orange und Rot dargestellt.

Die hellgrün dargestellte Güteklasse II – III beschreibt „kritisch belastete“ Gewässerabschnitte. Sie kennzeichnet einen instabilen Zustand zwischen tragbarer Belastung (Güteklasse II und besser) und untragbarer Verschmutzung (Güteklasse III und schlechter).

Für die bereits angesprochene Selbstreinigung der Gewässer nach einer Abwasser-einleitung ergibt sich grob schematisch die in **Abb. E1** dargestellte Abfolge von Güteklassen. Zusätzlich sind eine Auswahl von Leitorganismen und die Legende mit der Beschreibung der Güteklassen dargestellt. Kennzeichnend ist, dass nach der Selbstreinigung im Regelfall die Güteklasse II mit „mäßiger Belastung“ (Farbe: Dunkelgrün) nicht weiter unterschritten (also verbessert) werden kann. Die durch den Abbau der Schmutzstoffe gebildeten oder freigesetzten Stoffe (z. B. Pflanzennährstoffe als Ergebnis der Mineralisation) verhindern weitergehende Verbesserungen durch das Neuentstehen von Nahrungsketten über das Pflanzenwachstum. Die Güteklasse II wird auch als generelles Ziel in den landesplanerischen Vorgaben angegeben.

In den Gewässergütekarten sind aber teilweise auch kleine Gewässeroberläufe als „stark verschmutzt“ verzeichnet, wenn der Bach aufgrund seiner geringen Wasserführung die bestehenden Einleitungen (z. B. aus dem Einzugsgebiet, ► Modul B) nicht „verkräftet“. Bei diesen Bächen kann sich die Gewässergüte im Unterlauf durch den Zufluss weniger belasteten Wassers im Unterlauf auch ohne nennenswerte Selbstreinigung verbessern.

Die unbelasteten oder nur gering belasteten Oberläufe der Gewässer (Güteklassen I, I – II) sind unabhängig davon zu schützen und zu erhalten. Saniert werden sollen die als verschmutzt zu bewertenden Gewässer.

A

B

C

D

E

F

G

A

**Abb. E2**  
Gewässergütekarte Bayerns  
(Stand 1998, Erhebung:  
Bayerische Wasser-  
wirtschaftsverwaltung)

B

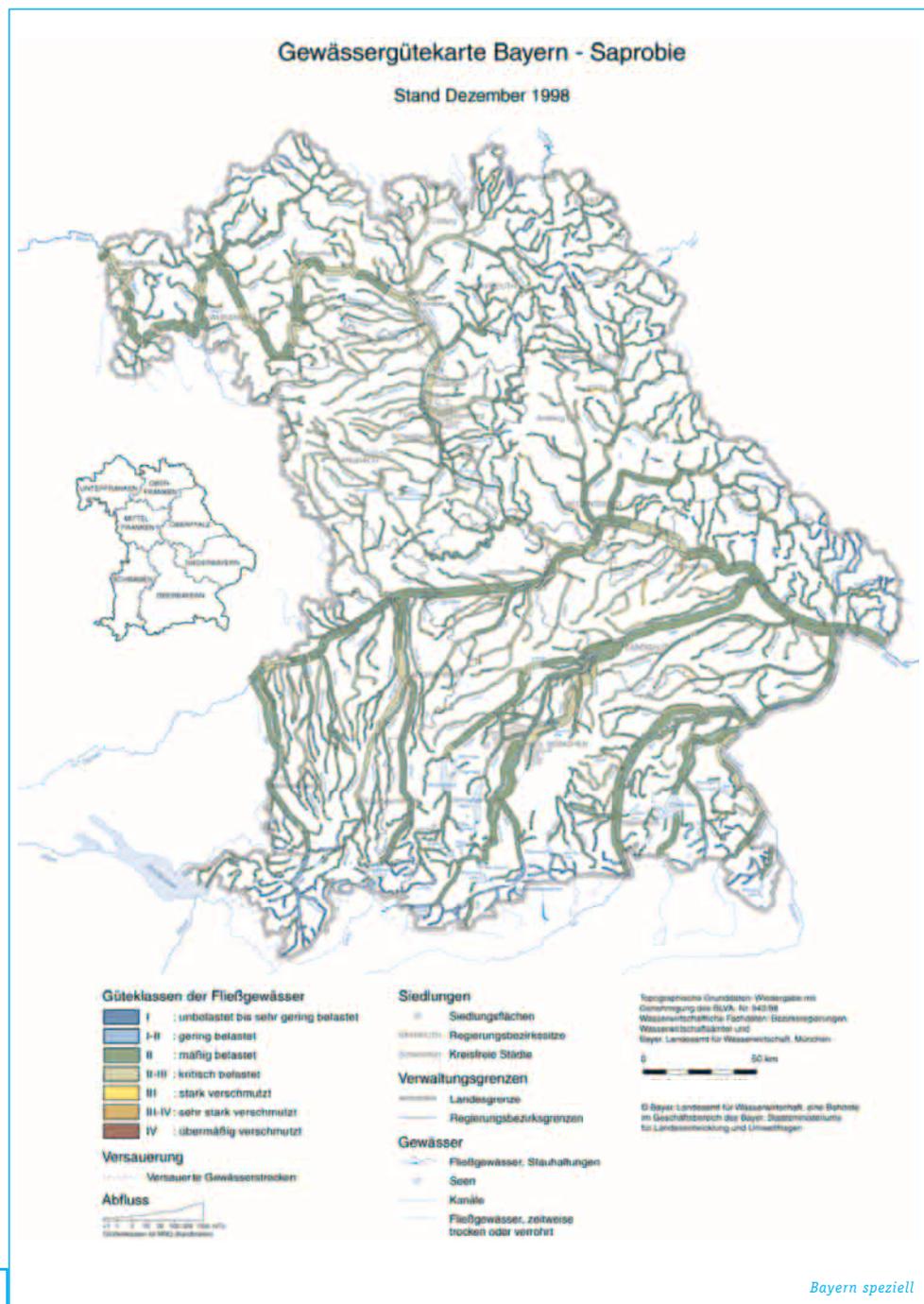
C

D

E

F

G



► Folienteil

Bayern speziell

### 1.2.4 Gewässergüteverhältnisse an den bayerischen Hauptgewässern

Bayern speziell

Seit 1969 werden in Bayern die Gewässergüteverhältnisse für die Hauptgewässer regelmäßig alle drei Jahre veröffentlicht. **Abb. E2** zeigt die 1998 erschienene, 12. bayerische Gewässergütekarte. Der Karte liegen Untersuchungen an rund 20.000 Gewässermessstellen zugrunde. Für die Fließgewässer Deutschlands werden seit 1974 von der „Länderarbeitsgemeinschaft Wasser“ regel-

mäßig Gütekarten für Deutschland herausgegeben.

Im Vergleich zu 1973 (**Abb. E3**), dem Tiefpunkt der Gewässergüte in Bayern, ist klar erkennbar, dass sich die Gewässergüteverhältnisse in diesem Zeitraum eindeutig verbessert haben: Waren 1973 noch fast 25 Prozent der Hauptgewässer als „verschmutzt“ (Güteklassen III und schlechter) zu bewerten, so ist dieser Anteil inzwischen auf unter 2,5 Prozent zurückgegangen.



**Abb. E3**  
Gewässergütekarte Bayerns (Stand 1973, Erhebung: Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung)

A

B

C

D

E

F

G

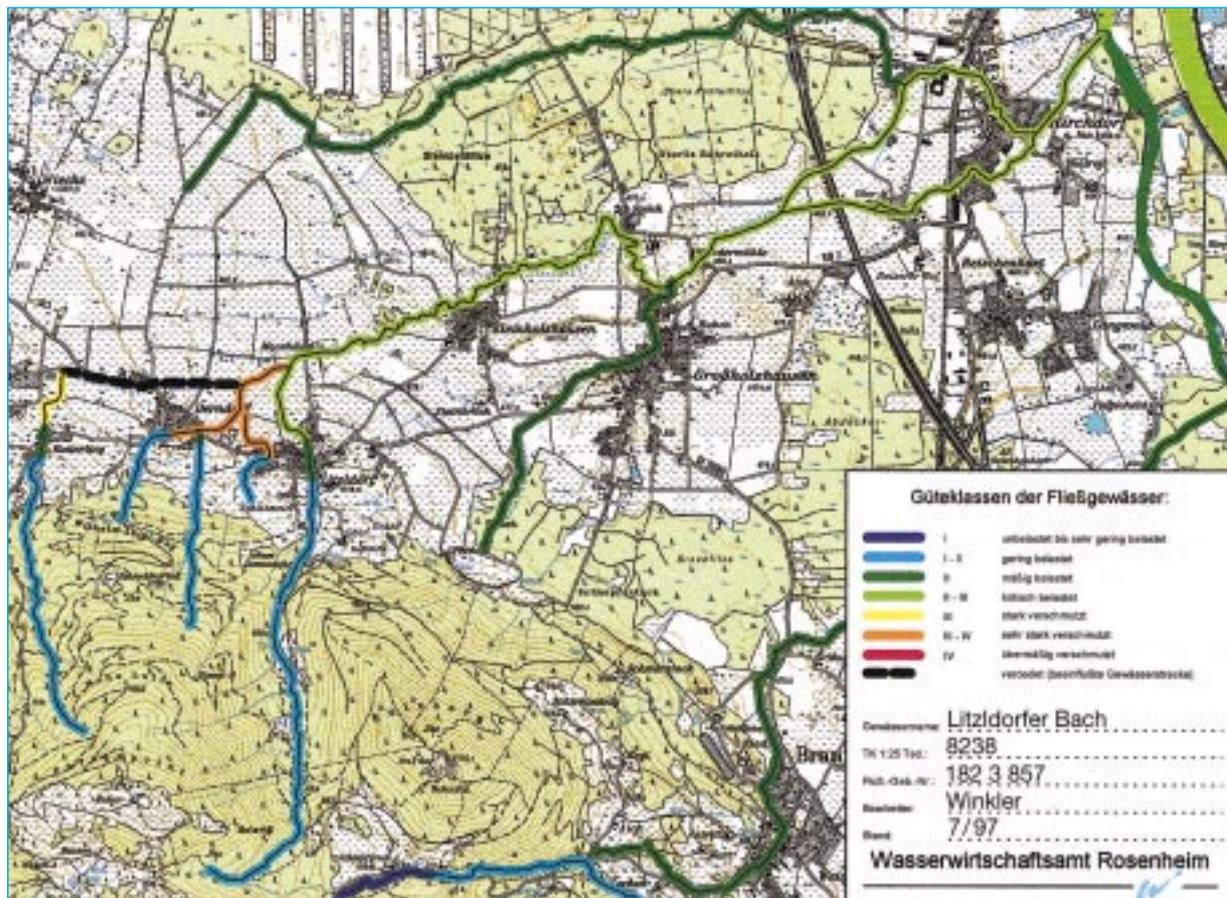
Bayern speziell

► Folienteil

Bayern speziell

Beispiele für eine Verbesserung der Gewässergüte sind: der Lech nördlich von Augsburg, die Amper nördlich von Dachau, die Isar bei Freising, der Mittlere-Isar-Kanal, der Inn von Rosenheim bis Altötting, die Salzach bis zur Mündung in den Inn, die Donau von Kelheim bis Straubing, der Regen, die Vils, die fränkische Rezat, die Regnitz von Nürnberg bis Forchheim, der Ober- und Untermain.

Die Beispiele zeigen eindrucksvoll, dass die erheblichen Anstrengungen bei der Abwasserbeseitigung, insbesondere der weit gehende Anschluss an gemeindliche Kläranlagen und deren verbesserte Reinigungsleistungen (► Modul D 1.2), beachtliche gewässerökologische Verbesserungen gebracht haben. 1998 wurde bei nahezu zwei Dritteln aller bayerischen Hauptgewässer das Entwick-



**Abb. E4**  
Gewässergütekarte (Arbeitskarte) eines Wasserwirtschaftsamtes

Bayern speziell

lungsziel, die Güteklasse II, erreicht. Die Verschmutzung anzeigenden Warnfarben gehören bei den großen bayerischen Flüssen inzwischen weitgehend der Vergangenheit an.

Regional ergeben sich jedoch deutliche Unterschiede: obwohl in Anschlussgrad und Kläranlagenleistung Spitze, schneidet der wasserarme Norden Bayerns in der Gewässergüte deutlich schlechter ab. In den Einzugsgebieten von Elbe und Main wird die Güteklasse II und besser nur bei 37 Prozent aller Messstellen erreicht, während das abflussreiche Donauebiet Werte von 82 Prozent erreicht. Die Unterschiede ergeben sich aus dem ungünstigeren Verhältnis von Abflussangebot und Einwohnerzahl: im abflussärmeren Norden Bayerns wird jeder Liter Flusswasser vierfach intensiver genutzt und damit höher belastet.

Der erwünschte Zustand der Güteverbesserungen führt mancherorts zu unerwarteten Problemen, wie das Beispiel des Speichersees bei München zeigt. Der früher hochbelastete See, der von Isarwasser durchflossen wird und die gereinigten Abwasser der Stadt München aufnimmt, ist wegen seiner reichen Vogelwelt als Mauserzentrum für Entenvögel von internationaler Bedeutung.

Bayern speziell

Mit der erwünschten Verbesserung der Güteverhältnisse konnten sich die Gewässerorganismen (als Nahrungsgrundlage der Wasservögel) nicht mehr so massenhaft vermehren, die Vogelbestände gingen deshalb stark zurück. Naturschutzbehörden und die Wasserwirtschaft, die Bayernwerk Wasserkraft als Eigentümerin und die ornithologischen Verbände versuchen derzeit in Großfeldversuchen, den Wasservögeln wieder günstigere Lebensbedingungen zu ermöglichen und damit die Vogelzahlen wieder zu erhöhen, ohne dabei die Gewässergüte zu verschlechtern.

Bayern speziell

Weiter gehende Bewertungen können an den deutlich sauberer gewordenen Gewässern häufig nur mit vertieften Untersuchungen gewonnen werden, die eine möglichst weitgehende und detaillierte Aufnahme des vorkommenden Arteninventars erfordern und deshalb eingearbeiteten Spezialisten vorbehalten bleiben müssen. Bei intensiven Untersuchungen an der gesamten Amper wurden z. B. mehr als 1.200 verschiedene Arten von Gewässerorganismen festgestellt. Besonders artenreich waren dabei mikroskopisch kleine Organismen aus den Gruppen der Aufwuchskieselalgen und der Wimpertierchen vertreten.

Die mit bloßem Auge erkennbaren größeren wirbellosen Tiere, z. B. Insektenlarven, Muscheln, Schnecken, Käfer (häufig auch als „Fischnährtiere“ zusammengefasst), sind an der Amper, aber auch an zahlreichen anderen schnell fließenden voralpinen Gewässern bei jeder einzelnen Untersuchung mit rund 50 bis 100 Arten vertreten.

Mit Vertiefungsuntersuchungen lässt sich auch der sogenannte „Saprobienindex“ errechnen, der das gesamte Artenspektrum berücksichtigt und Entwicklungen noch innerhalb einer Güteklasse nachweisbar macht. Die Ergebnisse dienen auch als Bewertungsgrundlage für das Erfassen bedrohter Arten (Rote Liste Bayerns) im Artenschutz.

Bei einer Vielzahl kleinerer Gewässer sind indes die Verhältnisse weniger günstig und die von den Regierungen erstellten Gütekarten für die einzelnen Regierungsbezirke bzw. die detaillierteren Arbeitskarten der Wasserwirtschaftsämter bieten häufig noch ein „bunteres“ Bild. **Abb. E4** zeigt eine Arbeitskarte eines Wasserwirtschaftsamtes. Detailkarten sind für die einzelnen Regierungsbezirke oder Landkreise vielfach in Gewässergütebroschüren der Regierungen oder der Wasserwirtschaftsämter veröffentlicht und können dort bezogen werden. Vermehrt sind diese Karten auch unter den Internet-Adressen der Ämter verfügbar (► Modul G). Arbeitskarten von einzelnen Gewässerabschnitten sind auf Anfrage von den Wasserwirtschaftsämtern zu beziehen.

### 1.2.5 Wie werden die Ergebnisse der Gütekartierung verwertet und umgesetzt?

Die Ergebnisse der biologischen Gewässeruntersuchungen dienen einem Team von Fachleuten als Entscheidungsgrundlage für

- Standortvorgaben bei kommunalen Kläranlagen,
- die Festlegung von (über das gesetzliche Mindestmaß hinausgehenden) Reinigungsanforderungen bei Einleitungen in sensible Gewässer,
- den Nachweis und die Kontrolle von Einleitungen im Rahmen der technischen Gewässeraufsicht.

Sie sind darüber hinaus eine Erfolgskontrolle wasserwirtschaftlicher Maßnahmen und helfen bei der Prüfung, ob die zum Gewässerschutz aufgewendeten Gelder gut angelegt wurden. Als biologische Langzeitdokumenta-

tion geben sie Aufschluss darüber, ob die Lebensgemeinschaften sich langfristig verändern (Artenschwund, Artenverschiebung, Einwanderung untypischer Arten).

Mögliche Ursachen einer Verschlechterung der Gewässergüte sind

- ungeordnete Abwasserbeseitigung, z. B. aus unzureichend kanalisiertem Gemeindeteilen („Bürgermeisterkanäle“),
- nicht ausreichend reinigende Kläranlagen,
- stoßartige (nicht kontinuierliche) Belastungen aus sonstigen Einrichtungen, z. B. Regenüberläufen,
- Einleitungen gewerblicher Betriebe (sog. Direkteinleiter) mit unzureichend arbeitenden eigenen Reinigungsanlagen,
- Einträge von Gülle, Jauche und Silosickersaft,
- diffuse Einträge aus landwirtschaftlichen Nutzflächen.

Festgestellte Verschlechterungen der Gewässergüte müssen unter Berücksichtigung der gewässerspezifischen Verhältnisse bewertet werden.

## 1.3 Bestimmung der physikalisch-chemischen Wasserqualität

Physikalisch-chemische Messgrößen sind Merkmale zur Beschreibung der Wasserbeschaffenheit. Die Wassertemperatur und der pH-Wert, organische Stoffe, Nährstoffe wie Phosphor und Stickstoff, aber auch Spuren- und Schadstoffe (z. B. Schwermetalle) gehören beispielsweise dazu. Im Bachwasser sind durchschnittlich etwa 0,5 bis 1 g pro Liter an Salzen, Nährelementen und Spurenstoffen gelöst. Einzelstoffe wie z. B. Nitrat oder Ammonium kommen dabei häufig in der Größenordnung von 0,1 bis 10 mg pro Liter vor. Physikalisch-chemische Messwerte

- werden zur Bewertung der Wasserqualität in nutzungsorientierten Ansätzen (z. B. bei der Formulierung von Richt- und Grenzwerten) herangezogen,
- erlauben die stoffbezogene Erfassung einzelner Belastungsquellen und der Stoffumsätze im Gewässer,
- sind Grundlage für Bilanzierungen.

A

B

C

D

E

F

G

A

**1.3.1 Vergleich biologischer und chemischer Methoden**

Die physikalischen Rahmenbedingungen und chemischen Wasserinhaltsstoffe beeinflussen die Wasserqualität ganz wesentlich und wirken sich damit auch auf die Lebensgemeinschaften im Gewässer aus. **Tab. E1** macht deutlich, dass sich biologische und chemische Methoden zur Gewässerzustandsbeschreibung wegen ihrer jeweils spezifischen Informationsgehalte sinnvoll ergänzen.

B

C

**1.3.2 Einflussgrößen bei chemischen Messungen**

Eine einmalige chemische Untersuchung liefert jedoch nur ein Augenblicksbild, weil die Gehalte der einzelnen Stoffe nicht konstant bleiben. Für eine Reihe einfach bestimmbarer Messgrößen, listet **Tab. E2** wesentliche Einflussgrößen und ihre Konsequenzen auf.

Die *Bedeutung der Wassertemperatur* als wesentliche Steuergröße soll im Folgenden

exemplarisch erläutert werden. Die Temperatur beeinflusst z. B. die Sauerstoffverhältnisse ganz wesentlich, weil Sauerstoff im Wasser aus physikalischen Gründen nur bis zu einer bestimmten Menge gelöst werden kann. Es ist deshalb wichtig zu wissen, ob ein Gehalt von beispielsweise 7 mg bei 4 °C oder bei 20 °C gemessen wurde. Wird neben dem Sauerstoffgehalt zugleich auch die Temperatur bestimmt, kann man mit dem sog. Sauerstoffsättigungswert die Abweichungen vom Optimalwert ermitteln.

- *Sauerstoffdefizite* (Werte unter 100 %) treten in Gewässern dann auf, wenn Abbauprozesse überwiegen. Sie sind häufig ein Hinweis auf eine Belastung mit organischen Schmutzstoffen. Niedermoorbäche („Moosbäche“) können jedoch auch natürlicherweise (durch Abbau der Huminstoffe) sauerstoffuntersättigt sein.
- *Sauerstoffübersättigungen* (Werte über 100 %) treten auf, wenn Aufbauprozesse überwiegen. Wenn Produzenten (Wasserpflanzen, Aufwuchsalgen oder Schwebalgen) die Pflanzennährstoffe verwerten

D

**Tab E1**

Vergleich biologischer und chemischer Methoden der Gewässerzustandsbeschreibung von Fließgewässern

E

Vergleichsgrundlage	Biologische Methoden	Chemische Methoden
Datengrundlage	Organismen, Gruppen	Stoffe, Stoffgruppen
Probenahme	Gewässersubstrate (Bäche) Wasserkörper (Seen)	Wasserkörper (Schwebstoffe, Sedimente)
Methode	empirisch-beschreibend	chemisch-analytisch, genormt
Probenhäufigkeit	gering (z. B. einmal pro Jahr)	vielmals erforderlich (Statistik)
Information	Zusammensetzung, Häufigkeiten	Messsignal
Auswertung	Güteklasse, Saprobienindex	Stoffgehalt (Konzentration)
stoffspezifischer Nachweis	gering	hoch
Stoffwechselwirkungen	erfasst	nicht erfasst
zeitliche Gültigkeit (Integration)	groß: Wochen bis Jahre	gering: Stunden bis Tage
Aussage	Gewässergüte	Wasserbeschaffenheit

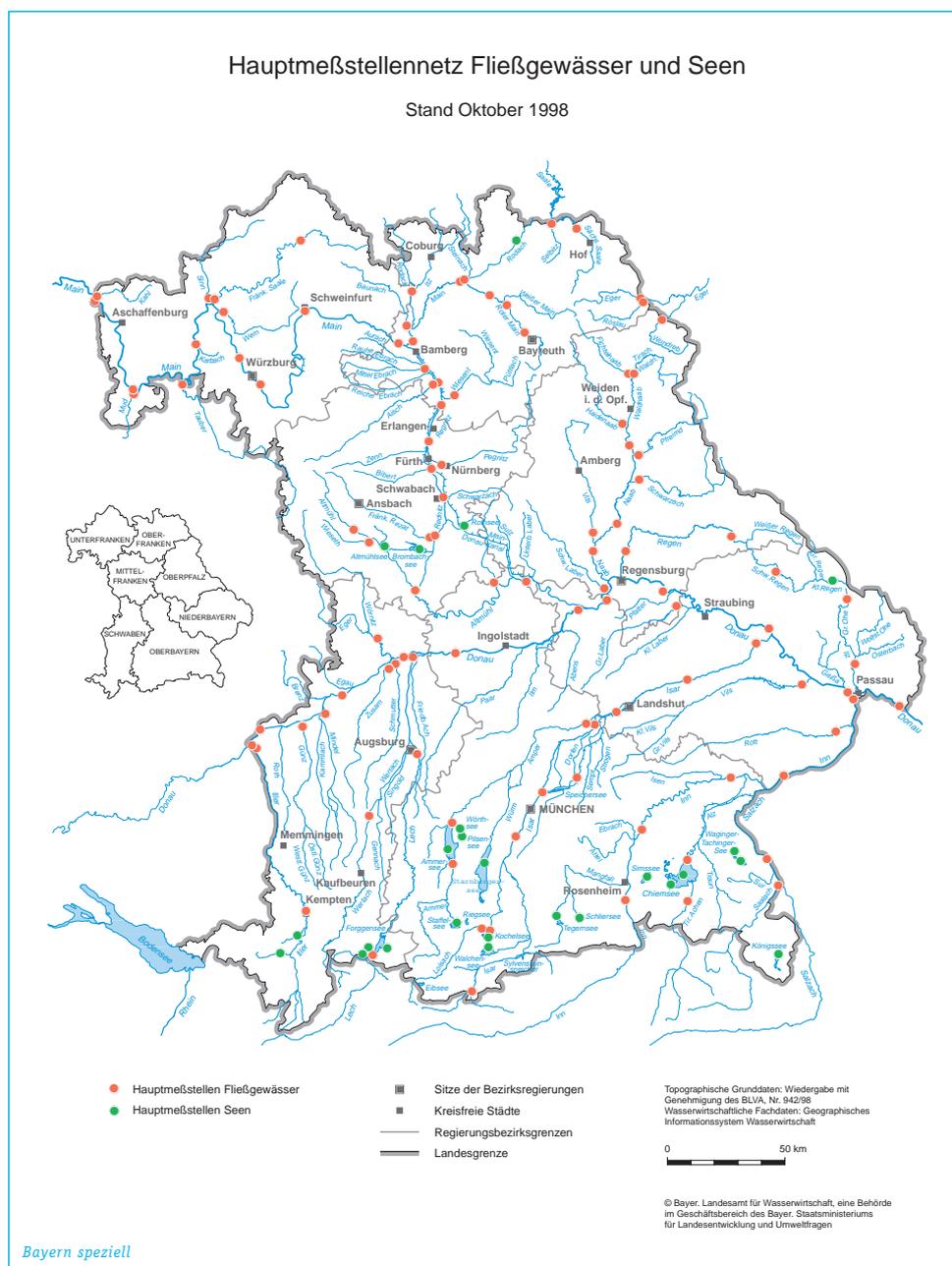
F

**Tab. E2**

Auswirkungen wesentlicher chemischer Messgrößen auf die Wasserqualität der Fließgewässer

G

Stoffe	Einflussgröße	Konsequenz
Sauerstoffgehalt	Temperatur	Sauerstoffsättigung
Sauerstoffgehalt	biologische Umsetzungen	Über-/Untersättigung
Ammoniumgehalt	biologische Umsetzungen	Stoffabbau, Sauerstoffverbrauch
Salzgehalt (z. B. Chlorid)	Abfluss	Verdünnung bei Hochwasser
Phosphatgehalt	Abfluss	Zunahme bei Hochwasser



**Abb. E5**  
Übersichtskarte der Hauptmessstellen (Fließgewässer) der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung in Bayern

und dabei Sauerstoff produzieren, können Übersättigungen auftreten, die ein Maximum am Nachmittag von Schönwettertagen erreichen. Diese Gewässer sind oft auch durch starke Verkrautungen, glitschige braune Überzüge auf Steinen oder aber hohe Algentrübe gekennzeichnet. Die Temperatur beeinflusst ferner die Geschwindigkeit der Stoffumsetzungen im Gewässer. Sie wirkt sich auch bei Kläranlagen mit einem verminderten Stickstoffabbau im Winter (bei niedrigeren Abwassertemperaturen) aus. Deshalb treten z. B. die höchsten Ammoniumgehalte im Gewässer normalerweise im Winter auf.

### 1.3.3 Staatliche Messnetze zur Zustandsbewertung von Flüssen: Messprogramme und Ergebnisse

Die Übersichtskarte in **Abb. E5** zeigt die Hauptmessstellen des bayerischen Landesnetzes für Fließgewässer mit insgesamt 105 Messstellen. Regelmäßig werden dort die in **Tab. E3** aufgeführten Stoffe bestimmt.

**Abb. E6** zeigt ein Auswertungsbeispiel zur Langzeitentwicklung der Phosphorgehalte am Main (Messstelle Viereth) in den letzten 30 Jahren.

A

Tab. E3

Umfang der staatlichen Messprogramme der Bayerischen Wasserwirtschaftsverwaltung an Fließgewässern

Alle 14 Tage (Stichproben), kontinuierliche Messungen an 105 Stellen in Bayern			
allg. Grundgrößen	organische Schmutzstoffe	Nährsalze	Sonstiges
Abfluss	BSB <sub>5</sub> (abbaubare organische Stoffe)	ortho-Phosphat	Schwebstoffe
Wassertemperatur	TOC (gesamter organischer Kohlenstoff)	Gesamtphosphat	Chlorophyll (Algenbiomasse)
elektr. Leitfähigkeit (Gesamtsalzgehalt)	Permanganat-Wert (organische Stoffe)	Nitrat	Chlorid
Sauerstoff		Ammonium	
pH-Wert (Säuregrad)			
Mehrals im Jahr, an 10 – 25 Stellen in Bayern			
Beispiele für anorganische Schadstoffe	Beispiele für organische, leichtflüchtige Schadstoffe	Beispiele für organische, schwerflüchtige Schadstoffe	Beispiele für Radioaktivität
Cadmium	„Per“ (Tetrachlorethen)	DDT	Tritium
Zink	„Trn“ (Trichlorethan)	PCB	Strontium
Blei		Atrazin	Cäsium
<b>Zusätzlich</b> werden untersucht:			
Schwebstoffe und Gewässersedimente, Fische (Rückstandsuntersuchungen)			

B

C

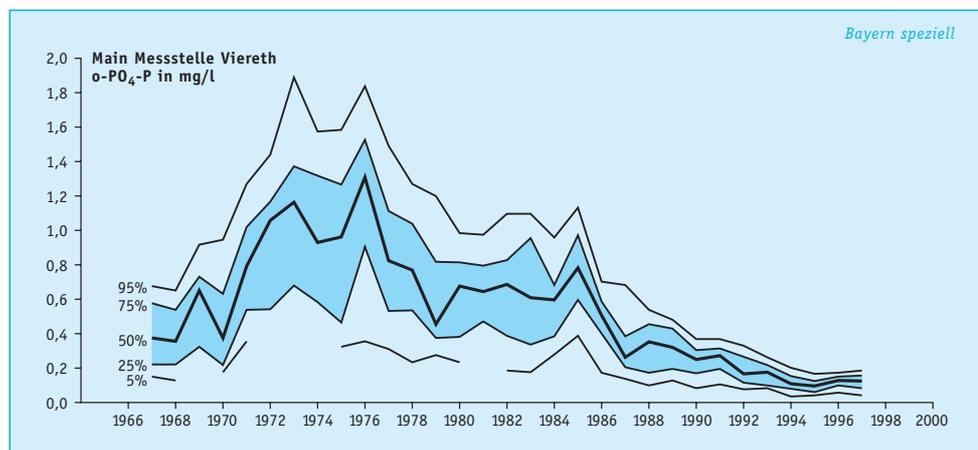
D

E

Abb. E6

Langzeitentwicklung der Phosphorgehalte am Main (Messstelle Viereth) in den letzten 30 Jahren. (Summenhäufigkeitsdarstellung: Prozentwerte entsprechen der Häufigkeit, mit der die Gehalte in einzelnen Jahren unterschritten werden)

Bayern speziell



F

G

### 1.4 Bewertung von Seen

Bayern speziell

Das Landesmessnetz der Seen umfasst 23 Stillgewässer (darunter die großen voralpinen Seen sowie den Brombachsee, Rothsee, Altmühlsee und die Trinkwassersperren Mauthaus und Frauenau), die ebenfalls regelmäßig mehrmals im Jahr mit speziellen Seenmessprogrammen untersucht werden.

Seen sind als Stillgewässer wegen der geringeren Selbstreinigungskraft besonders empfindlich gegen Einträge und Belastungen. Die Qualität eines Sees wird hauptsächlich durch die im Wasser vorhandenen Nährstoffe (Nährsalze wie Phosphate, Nitrate und Silikate) bestimmt. Pflanzliche Produktion entwickelt sich umso üppiger, je mehr Nährstoffe (Nährsalze) zur Verfügung stehen. Dieser als Eutrophierung bezeichnete Prozess hat vor allem in den 50er- und 60er-Jahren zu einer

unnatürlich hohen Nährstoffanreicherung geführt. Algenblüten und eine ganze Reihe unerwünschter Folgewirkungen waren sichtbarer Ausdruck.

Die Fernhaltung von Nährstoffen war und ist deshalb ein wichtiges Ziel der Gewässerschutzmaßnahmen. In Bayern wird auf die konsequente Freihaltung der Seen von Abwasser gesetzt. Sämtliche größeren bayrischen Seen weisen dazu eine Gabel- oder Ringkanalisation auf, an die die umliegenden Ortschaften angeschlossen sind. Das gesammelte Abwasser wird dann in einer Kläranlage zentral gereinigt und in ein Fließgewässer unterhalb des Sees abgeleitet.

Die bereits 1965 fertiggestellte Ringkanalisation des Tegernsees war die weltweit erste. Die Ende 1989 am Chiemsee mit einem Kostenaufwand von rund 220 Mio. DM erstellte, seeverlegte Druckleitung ist die technisch anspruchsvollste und weltweit größte Ringkanalisation.

Seen werden nach einem international angewandten Klassifizierungssystem bewertet, das sich vor allem auf den Nährstoff Phosphor stützt. Darüber hinaus gehen folgende Parameter in die Bewertung ein und werden deshalb regelmäßig bestimmt:

- die Transparenz des Sees, gemessen als Sichttiefe mit Hilfe einer weißen Scheibe (sie liefert ein grobes Maß für die Menge an Schwebealgen, sog. Phytoplankton),
- die Menge an Schwebealgen (Bestimmung der Blattgrüngehalte, sog. Chlorophyll a),
- Art und Zusammensetzung des Planktons.

Weitere Bewertungen berücksichtigen auch die Oberfläche, Tiefe, Durchmischungszone sowie die jährlichen Witterungsbedingungen. Die Ergebnisse werden in vier Trophieklassen farbig dargestellt. Die Kriterien sind aus **Abb. E7** ersichtlich.

Zeigerorganismen	Scheibchenkieselalge	Kammkieselalge	Hornalge	Blaugüne Korkenzieheralge
				
<b>Trophiegrad</b>	oligotroph	mesotroph	eutroph	polytroph
<b>Chlorophyll a, Mittelwert (µg/l)</b>	< 3,5	3,5 – 7	7 – 30	> 30
<b>Chlorophyll a, Spitzenwert (µg/l)</b>	2,5 – 8,5	8,5 – 29	17 – 107	
<b>P-gesamt (µg/l)</b>	< 10	10 – 20	20 – 100	> 100
<b>Sichttiefe (m)</b>	> 6	2,4 – 7,4	1,5 – 4	< 1
<b>Intensität der Veralgung bzw. der Verkräutung</b>	gering	mäßig	stark	übermäßig
<p> <b>oligotroph</b> geringe Nährstoffbelastung, geringe Algenproduktion, hohe Sichttiefe, ganzjährig hohe Sauerstoffsättigung bis zum Seegrund</p> <p> <b>mesotroph</b> mäßige Nährstoffbelastung, mäßige Algenproduktion, zeitweise Algenblüten möglich, mittlere Sichttiefe, geringe Sauerstoffzehrung im Tiefenwasser und in der Sprungschicht</p> <p> <b>eutroph</b> starke Nährstoffbelastung, hohe Algenproduktion, regelmäßig Algenblüten, geringe Sichttiefe, zeitweise totaler Sauerstoffschwund im Tiefenwasser</p> <p> <b>polytroph</b> übermäßig hohe Nährstoffbelastung, massenhafte Algenentwicklung, Sichttiefe nur noch im Zentimeterbereich, übermäßig hohe Sauerstoffzehrung, die den größten Teil des Wasserkörpers erfasst</p>				

**Abb.E.7**  
Kriterien der  
Seenbewertung

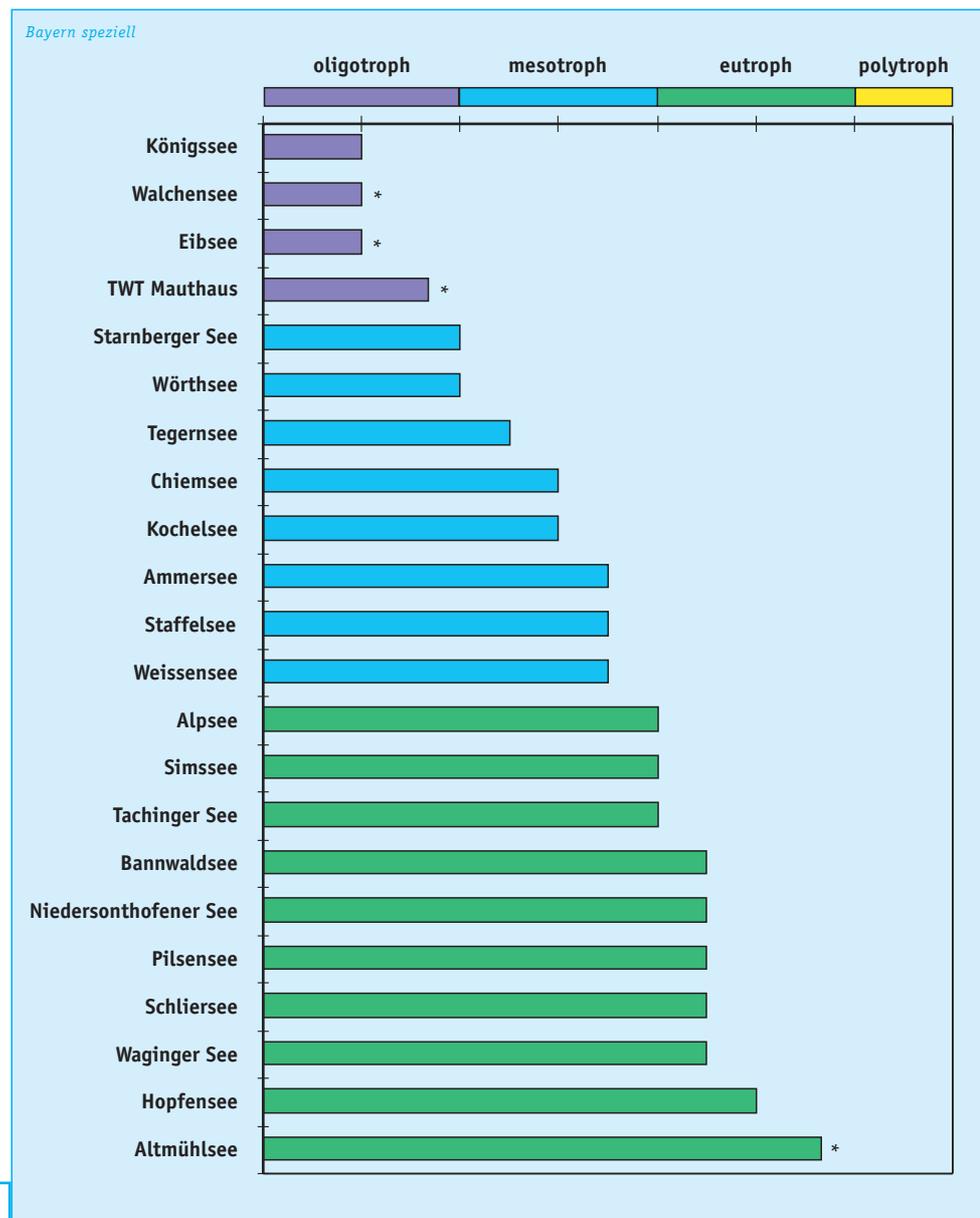
Abb. E8

Bewertung der großen bayerischen Seen in einer Ergebnisübersicht (Datengrundlage: Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung)

Kriterien:

- Gesamtphosphatgehalte
- Chlorophyllgehalte
- Sichttiefen
- Makrophytenindex

\* = ohne Makrophytenindex



Eine „Rangfolge“ der größeren bayerischen Seen, auch unter Berücksichtigung der im folgenden Abschnitt erläuterten Makrophytenkartierung, zeigt **Abb. E8**. Sie verdeutlicht, dass alle größeren voralpinen Seen inzwischen nur noch gering bis mäßig mit Nährstoffen belastet, also oligotroph und mesotroph sind. Bayerischer Spitzenreiter ist dabei der nahezu unbelastete Königssee.

Die routinemäßige Bewertung wird durch die Beprobung des gesamten Wasserkörpers vorgenommen. Dazu werden an der tiefsten Stelle des Sees Proben aus unterschiedlichen Tiefen entnommen, die sämtliche Stockwerke des sommerlich geschichteten Sees erfassen. Mit den Ergebnissen wird der See insgesamt erfasst und seine Qualität bewertet (**Abb. E7**). Weitere aussagekräftige Ergebnisse kann man

jedoch auch erhalten, wenn man die Seeuferzonen bzw. die Ablagerungen am Seegrund untersucht. Die dazu angewandten Methoden werden nachfolgend beschrieben.

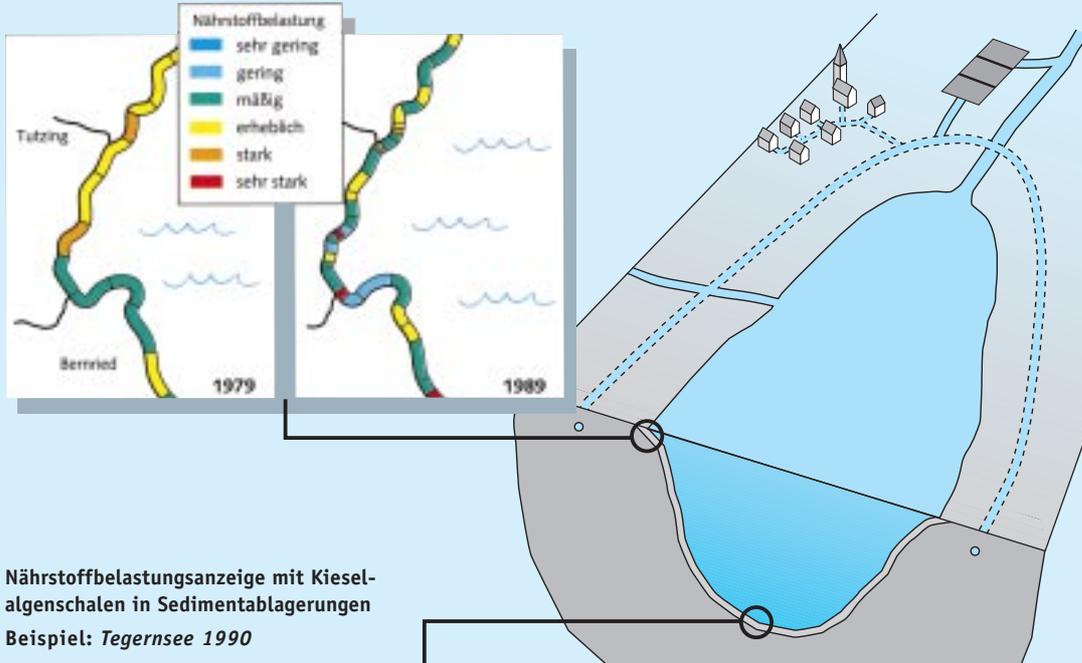
#### 1.4.1 Wasserpflanzen im Uferbereich

Im Ufer- und Flachwasserbereich können die Nährstoffverhältnisse sich kleinräumig durchaus unterscheiden. Zur Beschreibung der Seeuferbelastung werden mit dem bloßen Auge sichtbare Wasserpflanzen (Makrophyten) herangezogen. Taucher schwimmen dazu die gesamte von Wasserpflanzen besiedelte Uferbank ab, wobei Wasserpflanzen bis in Tiefen von über 15 Metern vorkommen können. In einzelnen Abschnitten werden Art und Menge

► Folienteil

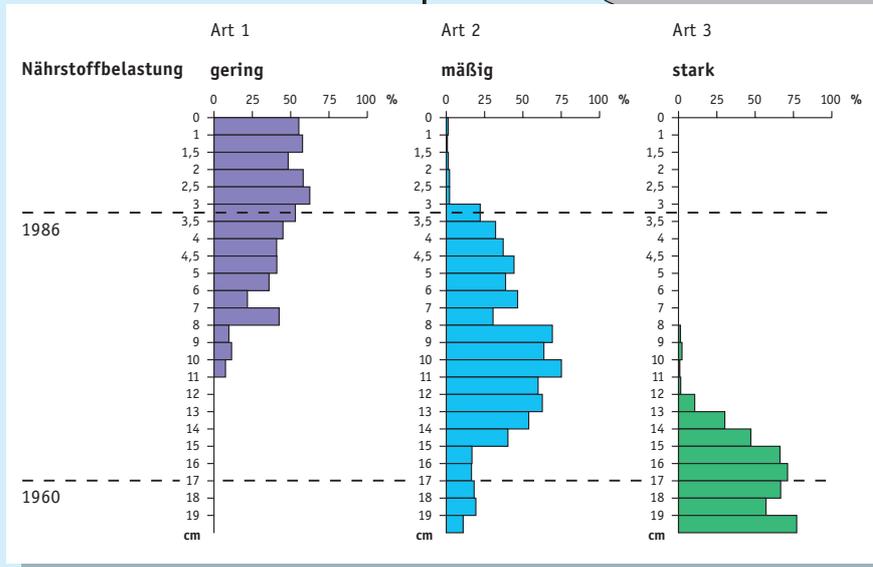
### Nährstoffbelastungsanzeige mit Wasserpflanzen im Uferbereich

Beispiel: *Starnberger See*



### Nährstoffbelastungsanzeige mit Kieselalgeschalen in Sedimentablagerungen

Beispiel: *Tegernsee 1990*



der Wasserpflanzen notiert. Daraus lässt sich der sog. Makrophytenindex berechnen. Die Wasserpflanzen dienen dabei als Anzeiger der Nährstoffgehalte im Uferbereich. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen der Seeuferzonen

- zeigen Belastungsschwerpunkte kleinräumig und flächenscharf an,
- geben Hinweise auf bislang unbekannte oder unterbewertete Einleitungen,
- sind die Grundlage für Abhilfemaßnahmen durch die technische Gewässeraufsicht.

Mehr als 80 Seen in Bayern sind mit dieser Methode zwischenzeitlich untersucht worden. **Abb. E9** zeigt einen längeren Uferabschnitt des Starnberger Sees, an dem erstmals in Bayern im Abstand von 10 Jahren zwei Kartierungen vorgenommen wurden. Das Beispiel zeigt klar die in diesem Jahrzehnt erzielten Verbesserungen, aber auch die kleinräumig noch feststellbaren erhöhten Belastungen auf, die häufig im Mündungsbereich von Bächen liegen.

Bayern speziell

### Abb. E9

Die Bewertung von Seen nach zusätzlichen Kriterien

A

B

C

D

E

F

G

A

### 1.4.2 Kieselalgen in den Sedimentablagerungen

Eine sehr wirksame Erfolgskontrolle der langzeitlichen Entwicklung von Nährstoffbelastungen kann mit den Untersuchungen der Sedimentablagerungen vorgenommen werden. Besonders aussagekräftig sind dafür mikroskopisch kleine Kieselalgen. Je nach Art gibt es Kieselalgen, die in besonders belasteten oder nur in sauberen Gewässern vorkommen. Deren Schalen sinken nach dem Absterben auf den Seegrund und bleiben dort lange Zeit erhalten. Durch die regelmäßige Nachlieferung aus den oberen Wasserschichten wachsen dabei die Sedimentablagerungen; ältere Ablagerungen werden von jüngeren überlagert. Bei vielen Seen kann man deshalb wie bei einem Baum Jahresringe feststellen. Aus diesem „Sedimentarchiv“ lässt sich die Nährstoffbelastungsgeschichte rekonstruieren, wenn man einen Sedimentkern entnimmt und z. B. die Zusammensetzung der Kieselalgenschalen in den einzelnen Tiefenschichten getrennt untersucht.

Bayern speziell

Am Beispiel eines 1991 dem Tegernsee entnommenen Sedimentkerns mit einer Mächtigkeit von 20 cm lassen sich die positiven Auswirkungen der abwassertechnischen Sanierungsmaßnahmen Anfang der 60er-Jahre eindrucksvoll zeigen. Dort veränderte sich im Lauf der Jahre die Zusammensetzung der Kieselalgen, wie **Abb. E9** zeigt. Überwiegend starke Nährstoffbelastung anzeigende Arten in den unteren Schichten wurden in den 70er-

Jahren durch Arten ersetzt, die mäßige Nährstoffbelastungen anzeigen. In den jüngeren Ablagerungen der letzten Jahre dominieren dagegen Arten, die auf mäßige bis geringe Nährstoffbelastungen hinweisen.

B

## 1.5 Weitere Methoden zur Zustandserfassung und Bewertung von Fließgewässern

Die in **Abb. E2** präsentierte Gütekarte von 1998 zeigt deutlich, dass bei den größeren bayerischen Flüssen Verschmutzungen im Regelfall nicht mehr auftreten. Etwas überspitzt kann man deshalb auch sagen, dass die Saprobie (also der Abbau organischer Schmutzstoffe) aus den Gewässern heraus und in die Kläranlagen verlegt wurde.

C

### 1.5.1 Fischsterbensstatistik der Wasserwirtschaftsverwaltung

Gemeldete oder von der Polizei behandelte Gewässerverunreinigungen werden von den örtlichen Wasserwirtschaftsämtern, ggf. unter Beteiligung weiterer Fachstellen, analysiert und bewertet. Fische sind ein sehr guter Indikator für auftretende Gewässerverunreinigungen. Ein Fischsterben bleibt selten unbemerkt. Zudem können Schädwirkungen an Fischen (z. B. Veränderung der Organe) auch dann

Bayern speziell

E

**Tab. E4**  
Fischsterbenstatistik Bayerns für 1998 (Datenbasis: bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung)

Ursachengruppe	Anzahl 1998	Mittelwert 1970 – 1995	Maximalwert 1970 – 1995
<b>Sauerstoffmangel durch</b>			
Jauche, Silosickersaft	21	50	105
kommunales Abwasser	23	28	65
gewerblich-industrielles Abwasser	2	5	18
diffuse Nährstoffeinträge	30	33	60
<b>Bewirtschaftungsfehler bei Fischhaltungen</b>	26	28	48
<b>Einleitung von Schadstoffen, Giften</b>	25	25	47
<b>Anwendung von Bioziden</b>	2	5	10
<b>Fischkrankheiten</b>	14	15	35
<b>sonstige aufgeklärte Ursachen</b>	2	13	20
<b>unbekannte Ursachen</b>	36	67	110

Bayern speziell

F

G

Bayern speziell

noch festgestellt werden, wenn ein Schadstoff mit der fließenden Welle bereits weitertransportiert wurde. Im gesamten Jahr 1998 wurden in Bayern 181 Fischsterben registriert und bearbeitet. **Tab. E4** zeigt eine Auswertung der Fischsterbensstatistik nach Ursachengruppen und bringt einen Vergleich mit früheren Jahren.

Insgesamt hat die Zahl der Fischsterben in diesem Zeitraum deutlich abgenommen. Bei einer Aufklärungsquote von rund 75 Prozent rangieren die durch diffuse Einträge wie Abschwemmung von Jauche, Silosickersaft oder Nährstoffe verursachten Fischsterben deutlich vor den durch Einleitung von Abwasser verursachten Fällen. Rückläufig sind auch die klassischen Infektionskrankheiten, deren Auftreten eng mit der Wasserqualität verbunden ist. Schadstoffverursachte Fischsterben

können häufig einem bestimmten, kurzzeitig auftretenden Schadereignis zugeordnet werden (z. B. unsachgemäße Anwendung von Stoffen, Unfälle).

Mit den Verbesserungen der Gewässergütelage treten jedoch neue oder bislang durch die Saprobie überdeckte Probleme jetzt erst zutage, die wiederum geeignete Nachweis-systeme erfordern. **Abb. E10** gibt eine chronologische Übersicht über die bei Flüssen und Seen entwickelten und eingesetzten Verfahren, ihre Anzeigewerte und typische Vertreter.

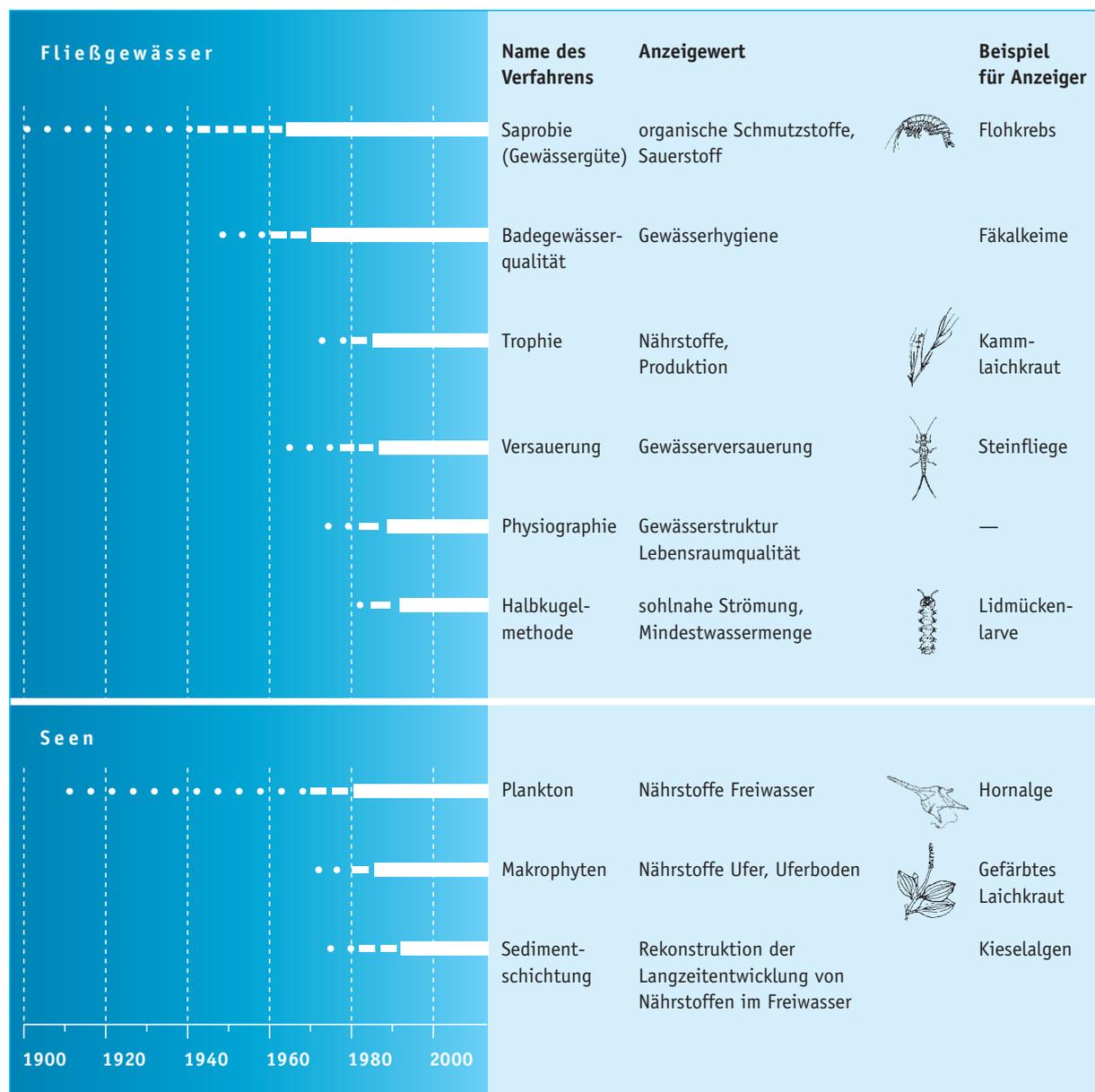
Weil viele Verfahren jedoch weit gehend ein Aufgabengebiet von Spezialisten sind und sich daher für den Schuleinsatz bis zur zehnten Jahrgangsstufe nicht eignen, sollen sie hier nur cursorisch als Hintergrundinformation dargestellt werden.

**Abb. E10**

Die Entwicklung von Bewertungsverfahren für Fließgewässer und Seen

Bewertungsverfahren

-  in Entwicklung
-  einzelne Anwendungen
-  regelmäßige Anwendungen



A

B

C

D

E

F

G

A

B

C

D

E

F

G

### 1.5.2 Badegewässerqualität: Güteklasse II und trotzdem keine Badegewässerqualität?

Die biologische Gewässergütekartierung ist **kein** Maßstab dafür, ob ein Fließgewässer oder See zum Baden geeignet ist. Die Badegewässerqualität basiert auf der Beurteilung des hygienischen Zustands der Gewässer. Diese wird von der Gesundheitsverwaltung durchgeführt. Bakterien kommen in jedem Gewässer als Teil der Lebensgemeinschaft und Nahrungskette vor. Zur Bewertung der Badegewässerqualität werden einige leicht nachweisbare Keime als Zeigerorganismen für fäkale Verunreinigungen und das Auftreten möglicherweise gesundheitsgefährdender Keime aus dem menschlichen Darm verwendet. Für diese sog. Fäkalbakterien (fäkalcoliforme und gesamtcoliforme Keime) schreibt eine EG-Richtlinie Qualitätsanforderungen vor, die in Bayern in eine Verordnung umgesetzt ist. Die Richtlinie ist ein besonders klares Beispiel einer nutzungsorientierten Gewässerbewertung: „Richtwerte“ sind Leitwerte, deren Einhaltung hygienisch hervorragende Wasserqualität anzeigt. „Grenzwertüberschreitungen“ sind dagegen deutliche Warnsignale, die Abhilfemaßnahmen, unter Umständen auch die Verhängung eines Badeverbotes, erfordern. Gelegentliche Überschreitungen nicht allzu großen Ausmaßes haben jedoch noch keine Gesundheitsbeeinträchtigung der Badenden zur Folge, weil die Grenzwerte als Vorsorgewerte mit erheblichen Sicherheitsfaktoren versehen sind.

Rund 230 Badegewässer überregionaler Bedeutung werden in Bayern nach der EG-Richtlinie alle 14 Tage in der Badesaison an den Badeplätzen überwacht und bewertet. Dazu kommen noch eine Vielzahl von Bademöglichkeiten, die wegen fehlender Infrastruktur nicht als Badegewässer im Sinne der EG-Richtlinie eingestuft sind.

Die Ergebnisse zeigen, dass

- **Seen** überwiegend eine ausgezeichnete Badegewässerqualität aufweisen. Sie steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der konsequenten Freihaltung der Seen von Abwasser (► Modul E1.4).
- **Flüsse** durch eine Vielzahl von Einträgen zwangsläufig bakteriell höher belastet sind. Auch modern ausgestattete Kläranlagen können daran nichts Entscheidendes ändern, weil sie Fäkalkeime nur in begrenztem Ausmaß eliminieren.

Weiter gehende Erfolge können nur erreicht werden, wenn gezielte zusätzliche Behandlungsstufen an den Kläranlagen (UV-Bestrahlungsanlagen zur Teilentkeimung) nachgeschaltet werden, wie dies derzeit beispielsweise an der Kläranlage Bad Tölz (an der oberen Isar) geschieht. Aber auch gezielte Nachrüstungsschritte sind kein Allheilmittel, wie das Beispiel der bakteriologisch intensiv untersuchten Amper zeigt: die Nachrüstungen würden wegen der Vielzahl weiterer Belastungseinträge, z. B. aus der Landwirtschaft, nicht ausreichen, um am gesamten Gewässer Badegewässerqualität sicherzustellen.

Bei den Erfolgsaussichten kommt es deshalb entscheidend auf die Erfassung der einzelnen Belastungsquellen (Art, Herkunft, Anteil an der Gesamtbelastung) an. Sie machen eine detaillierte bakteriologische Voruntersuchung im Einzelfall erforderlich.

### 1.5.3 Nährsalze in Fließgewässern

Mit den Erfolgen in der Abwasserreinigung haben sich in weiten Bereichen Belastungsverhältnisse eingestellt, die in den Gütekarten mit grünen Farben dargestellt sind. Zugleich hat sich aber auch das biologische Bild gewandelt. Es fällt auf, dass sich in den vergangenen Jahren vielfach die pflanzliche Produktion verstärkt hat. In den großen Flüssen sind es die im Wasser schwebenden Algen, die das Wasser verfärben und trüben. Bei geringer Wassertiefe können Bodenalgen dicke Überzüge bilden, und manche Bäche sind so stark verkräutet, dass regelmäßige Räumungsarbeiten notwendig sind. In diesen Fällen ist die „Gewässergüte“ nicht mehr allein durch die saprobiologische Lebensgemeinschaft der Tiere gekennzeichnet, die den Gewässergütekarten zugrunde liegt.

Ursache des verstärkten Pflanzenwachstums sind die Nährsalze, die bei günstigen Bedingungen umgesetzt und verwertet werden können. Sie gelangen z. B. beim weitgehenden Abbau organischer Stoffe, der über die Mineralisation zur Freisetzung von Pflanzennährsalzen führt, ins Gewässer. Erheblich ist aber auch die von der landwirtschaftlich genutzten Fläche ausgehende Belastung (► Tab. B1). Die biologischen Wirkungen im Gewässer werden mit der Trophie erfasst. Dieser als Eutrophierung bezeichnete Prozess ist durch den Stoffkreislauf im Gewässer verknüpft und kommt bei rückläufiger Saprobie verstärkt zum Tragen.

Die Kartierung der Trophie in Fließgewässern erfordert damit ein neues Beurteilungs- und Bewertungssystem, das von den biologischen Wirkungen der durch Nährsalze ausgelösten Produktion ausgeht. Die Stoffgehalte (z. B. Phosphatgehalte) selbst können hier nur Hilfskriterien sein, weil in den Fließgewässern (anders als in Seen) die Erscheinung der Trophie stark von den Wetter- und Abflussverhältnissen abhängt.

Die dazu entwickelten Einstufungskriterien werden wiederum in einer siebenstufigen Bewertungsskala in den Farben des Regenbogens dargestellt. Erstmals ist 1995 eine bayerische Trophiekarte erschienen. Die Kartierung der Trophie ist jedoch noch keine Routinemethode, deshalb können die Einstufungskriterien mit den zwischenzeitlich gewonnenen Erfahrungen teilweise noch geringfügig verändert werden. Sie ist indes ein wichtiges Kriterium, nicht zuletzt zur Erfolgskontrolle, weil der Nährstoffrückhalt in den Kläranlagen durch den Ausbau zusätzlicher Reinigungsstufen für die Phosphor- und Stickstoffentfernung in vollem Gange ist (► Modul D1.2).

#### 1.5.4 Gewässerversauerung

In den kristallinen Mittelgebirgen des Bayerischen Waldes, im Fichtelgebirge und im Spessart gibt es eine Anzahl von Gewässern, die nur sehr gering organisch belastet sind. Sie sind jedoch durch das schwache Puffervermögen des Bodens ganzjährig oder zeitweilig versauert. Für den Laich und die Fischbrut (z. B. von Forellen) sind saure Gewässer ein sehr lebensfeindliches Milieu. Speziell angepasste Zeigerorganismen tolerieren Versauerung in unterschiedlichem Ausmaß. Ein daraus entwickeltes biologisches Bewertungssystem erlaubt eine Unterscheidung von vier Säurezustandsklassen, von „nicht sauer“ bis „ständig stark sauer“.

#### 1.5.5 Gewässerstrukturbewertung und Gewässerpflegepläne

Eine gute chemische Wasserqualität ist eine notwendige Voraussetzung für intakte Gewässer. Sie ist aber nicht alles, weil Gewässer mehr sind als nur Wasser. Ein Gewässer lebt auch von der Sohle, dem Ufer und dem angrenzenden Talgrund (► Modul C).

Eingriffe und technische Maßnahmen des Gewässerausbaus haben vielfach zu einer Verarmung von Strukturen geführt, die sich auch gewässerbiologisch und in Funktionen des Naturhaushalts auswirken. Dazu zwei Beispiele:

- Ohne ausreichend vielfältige natürliche Substrate und unterschiedliche Strömungsverhältnisse finden eine ganze Reihe von Organismengruppen keine geeigneten Lebensbedingungen. In technisch ausgebauten Gewässern, z. B. betonierten Kanälen, sind damit unabhängig von der Wasserqualität generell artenärmere und weniger „wertvolle“ Lebensgemeinschaften anzutreffen.
- Die Unterbrechung der Längsdurchgängigkeit der Gewässer, z. B. durch Wehre und Triebwerke, führt dazu, dass sich viele Tiere im Bach oder Fluss nicht mehr frei bewegen können, um die geeignetsten Lebensräume aufzusuchen.

Im Gegensatz zu vielen Kleinlebewesen, die nur in Teilen ihres Lebenszyklus an das Wasser gebunden sind (z. B. Insektenlarven) oder mit der nächsten Hochwasserwelle von oberhalb „nachgeliefert“ werden, ist dieses Problem für die zeitlebens an das Wasser gebundenen Fische von erheblicher Bedeutung. Mangelnde Längsdurchgängigkeit und die Strukturverarmung vieler Gewässer werden deshalb auch als eine der Ursachen für die vielerorts belegbare Verarmung der Fischbestände in den Gewässern verantwortlich gemacht. Abhilfe schaffen hier speziell für Fische angelegte Wanderhilfen (z. B. Fischpässe), die bei Hindernissen zur Verbesserung der Passierbarkeit angelegt werden.

A

B

C

D

E

F

G

Tab. E5

Umweltbedeutsame Stoffe und ihre Einsatzbereiche (\* = zwischenzeitlich mit Anwendungsbeschränkungen oder Anwendungsverbotten)

Stoffgruppe	Beispiele	Einsatzbereiche, Herkunft
Schwermetalle	Cadmium, Quecksilber	Pigmentfarben, Batterien
leichtflüchtige, chlorhaltige organische Spurenstoffe	„Tri“ (Trichlorethen) „Per“ (Tetrachlorethen), Chloroform	technische Lösungsmittel*, Metallbearbeitung
schwerflüchtige, chlorhaltige organische Spurenstoffe	DDT, PCB	Unkrautbekämpfung*, Schmiermittel bei Transformatoren
Komplexbildner	EDTA	Waschmittelinhaltsstoffe*
Pflanzenschutzmittel	Atrazin Diuron	Landwirtschaftliche Flächen* Totalentkrautung (z. B. Gleisbereich*)
Arzneistoffe, hormonähnliche Stoffe	Clofibrinsäure Phthalate	Medikamente Weichmacher

Den Bewertungsmaßstab für Methoden der Gewässerstrukturkartierung liefert die Naturnähe, die jeweils gewässer- und naturraumtypisch ist. Damit wird vermieden, dass der Ist-Zustand an einem einheitlichen, nicht naturgemäßen Idealbild gemessen wird. Für die Gewässersohle, die Ufer und die Aue wird die Naturnähe in einer siebenstufigen Skala von „unverändert“ bis „vollständig verändert“ bewertet.

Die Strukturkartierung gibt wertvolle Bewertungs- und Entscheidungshilfen, z. B. im Rahmen von Gewässerpflegeplänen. Gewässerpflegepläne sind ein wichtiges Instrument zur Gewässerrenaturierung. Wesentliche Prinzipien sind in dem Faltblatt des Umweltministeriums „Neue Wege der Gewässerpflege“ beschrieben. Sie werden für die großen Flüsse und Ströme (Gewässer 1. und 2. Ordnung) von den Behörden der Wasserwirtschaftsverwaltung, bei den Kleingewässern (Gewässer 3. Ordnung) von den Gemeinden oder Unterhaltungsverbänden erstellt oder in Auftrag gegeben. Die Wasserwirtschaftsbehörden wirken hier beratend und finanzierend mit. Die Gesamtbetrachtungen der Pflegepläne für die einzelnen Gewässer mit ihrem Umland liefern mit den Bewertungskriterien „Erhalten – Entwickeln – Gestalten“ nachvollziehbare Begründungen für zielgerichtete und abgestufte Umsetzungen von Renaturierungsmaßnahmen.

### 1.5.6 Neue Entwicklungen in der Umweltanalytik

Die Analytik von Schadstoffen in der Umwelt hat in den letzten Jahrzehnten ungeheure Fortschritte gemacht. Mit hochspezifischen und teuren Analyseverfahren (z. B. Vorbehandlungsschritte zur Anreicherung, spezifische Nachweisgeräte wie Gaschromatographie, Massenspektrometrie und Atomabsorption) sind Chemiker heute in der Lage, routinemäßig Werte unter  $0,1 \mu\text{g}$  pro Liter bei einer Vielzahl von Pflanzenschutzmitteln nachzuweisen. Dies entspricht vergleichsweise

- einem Stück Würfelzucker in 600 Eisenbahnwaggons (etwa 30 Züge),
- 300 kg eines Stoffes, gelöst im gesamten Starnberger See, dem mit  $3 \text{ Mrd. m}^3$  wasserreichsten See Bayerns.

Mit Spezialuntersuchungen, z. B. auf bestimmte hochgiftige Bestandteile bei Schiffsanstrichen (zinnorganische Verbindungen) oder auf hormonähnliche Stoffe, können nochmals bis zum Faktor 1.000 niedrigere Gehalte nachgewiesen werden. Damit hat sich das Spektrum nachweisbarer Schad- und Spurenstoffe wesentlich erweitert. Eine grobe Einteilung umweltbedeutsamer Stoffgruppen mit Einzelbeispielen gibt Tab. E5. Sie zeigt zugleich die Entwicklung im Einsatz fortgeschrittener Nachweismethoden ab Anfang der 70-er Jahre bis heute.

Viele der in Tab. E5 genannten Stoffe sind nur in geringem Umfang wasserlöslich; sie reichern sich daher in den Schwebstoffen und Ablagerungen, aber auch in der Nahrungskette an.

### Probleme der Bewertung bei Spurenstoffen

Die gezielte Suche und die parallel laufende Entwicklung der Verfahren führt dazu, dass „neue“ Stoffe nachgewiesen werden können und als „Hiobsbotschaften“ an die Öffentlichkeit gelangen.

So sind z. B. in den letzten Jahren

- eine Reihe von Pflanzenschutzmitteln,
- Waschmittelrückstände (Nonylphenole),
- Duftstoffe aus kosmetischen Produkten (Nitromoschusverbindungen),
- Arzneimittelprodukte (z. B. Lipidsenker Clofibrinsäure)

in Gewässern nachgewiesen worden.

Während neu angemeldete Produkte eine intensive Prüfung und Bewertung durchlaufen müssen, bevor sie in den Verkehr gebracht werden, gibt es für die weit überwiegende Zahl der bereits auf dem Markt befindlichen Stoffe keine oder nur wenige Informationen über Art und Menge der Stoffe sowie ihr Verhalten in der Umwelt. Hier leistet die Umweltanalytik einen wesentlichen Beitrag zur Problemerkennung und liefert Bausteine für zielgerichtete Abhilfemaßnahmen (z. B. Verwendungseinschränkungen, Einsatz weniger bedenklicher Stoffe, geschlossene Stoffkreisläufe bei der Produktion).

Dabei stellt sich jeweils aufs Neue die Frage nach der *Umweltrelevanz* dieser Stoffe, v. a. der Giftigkeit, Anreicherungsfähigkeit und Abbaubarkeit. Diese Umweltrelevanz kann mit Hilfe biologischer Testverfahren bewertet werden, die Zielvorgaben für einzelne Chemikalien zum Schutz der Gewässer, v. a. der aquatischen Lebensgemeinschaft, begründen. Nach diesem sog. Immissionsprinzip werden derzeit eine ganze Reihe von Spurenstoffen bewertet und Zielvorgaben abgeleitet, die dann gesetzlich umgesetzt werden.

### Grenzwertfestlegungen – Willkür oder begründet?

Am Beispiel der Pflanzenschutzmittel-, Nitrat- und Schwermetallgehalte im Trinkwasser sowie der Fäkalkeimbelastung der Badegewässer soll abschließend die mit der Festlegung von Grenzwerten verbundene Problematik diskutiert werden.

Trinkwasser als Lebensmittel Nummer eins erfordert einen vorrangigen Schutz der Wasserqualität. Nutzungsbezogene Anforderungen sind deshalb aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes besonders streng zu fassen.

Für die große Palette der sog. *Pflanzenschutzmittel* wurde deshalb stoffunabhängig ein Grenzwert festgelegt, der mit 0,1 µg pro Liter zum Zeitpunkt des Inkrafttretens in der Größenordnung der Nachweisgrenze lag („Nullwert“). Darin drückt sich die klare umweltpolitische Vorgabe aus, keinerlei Verunreinigung mit diesen Stoffen zu dulden.

Vorsorgegrenzwerte dieser Art sind häufig besonders scharf gefasst und sollen den Ausschluss jedweder Gefährdung sichern. Überschreitungen lösen im Regelfall Maßnahmen zur Verminderung (z. B. Ausweisung von Wasserschutzgebieten, Vergrößerung der Schutzgebiete, zusätzliche Nutzungseinschränkungen) bis hin zu Nutzungsverböten aus.

Während für sehr viele Pflanzenschutzmittel die Trinkwassergrenzwerte auch für die aquatischen Lebensgemeinschaften einen effektiven Schutz gewährleisten, können selbst diese Grenzwerte im Einzelfall nicht ausreichen: Für mehrere hochwirksame Stoffgruppen von Insektenbekämpfungsmitteln (Insektiziden) kann z. B. nachgewiesen werden, dass erste Wirkungen bei Gewässerlebewesen bereits bei sehr viel niedrigeren Gehalten auftreten, falls diese Stoffe ins Gewässer gelangen. Diese Erkenntnisse werden bei den Anwendungsvorgaben (z. B. Mindestabstand von Gewässern) berücksichtigt.

Weitere Grenzwerte, wie z. B. für *Nitrat- und Schwermetallgehalte* im Trinkwasser, werden im Regelfall aus Tierversuchen abgeleitet. Diese Werte werden für den Menschen hochgerechnet; dabei gehen die Durchschnittswerte der Lebenserwartung, des Gewichts und des Trinkwasserkonsums sowie ein Sicherheitsfaktor ein. Bei den Fäkalkeimzahlen der Badegewässerqualität wird die beim Baden von Kleinkindern aufgenommene Wassermenge berücksichtigt, die gesichert keinerlei Erkrankungen auslöst.

A

B

C

D

E

F

G

A

## 1.6 Literatur

### a) Broschüren und amtliche Schriften:

Bundesumweltministerium (Hrsg.): *Umweltpolitik – Wasserwirtschaft in Deutschland*, Bonn 1996 (Postfach 120629, 53048 Bonn)

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): *Gewässergüteatlas der Bundesrepublik Deutschland – Biologische Gewässergütekarte* 1995. 52 S., Kulturbuch-Verlag, Berlin 1996

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Wasserland Bayern*. 83 S., München 1999

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Bayern – Agenda 21*. 452 S., München 1998

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Der Gewässerkundliche Dienst Bayern*. Reihe *Informationsberichte* Heft 3/98, München 1998

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Flüsse und Seen in Bayern – Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit 1995*. Heft 29, Schriftenreihe *Wasserwirtschaft in Bayern* 1996

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Flüsse und Seen in Bayern – Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit 1998*. Infomappe, München 1999

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Biologische Gewässeranalyse in Bayern – Taxaliste der Gewässerorganismen*. Reihe *Informationsberichte*, Heft 4/90. Loseblattsammlung, München 1990

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Seen in Bayern – limnologische Entwicklung von 1980 – 1994*. Reihe *Informationsberichte*, Heft 1/96. 211 S., München 1996

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.): *Gewässerbeschaffenheit in Bayern – Fließgewässer 1996*. 258 S., München 1998 (Chemische Wasserqualität von 105 Bayerischen Hauptmessstellen großer Flüsse)

Bezirksregierungen und Wasserwirtschaftsämter: verschiedene Gewässergütebroschüren

Deutscher Verband für Wasser- und Kulturbau (DVWK): *Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fließgewässern*. DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft Nr. 227. 53 S., Paul Parey Verlag, Hamburg 1993

Bayerisches Landesamt für Umweltschutz: *Untersuchung des Schilfrückgangs an bayerischen Seen*. Schriftenreihe Heft 141. 139 S., München 1997

### b) Einfache Bestimmungsliteratur:

Engelhardt, W.: *Was lebt in Tümpel, Bach und Weiher?* Kosmos Verlag, Stuttgart 1996

Meyer, D.: *Makroskopisch-biologische Feldmethoden zur Wassergütebeurteilung von Fließgewässern* Hannover 1983 (BUND e. V., Landesverband Niedersachsen, Oeltzenstr. 6, 30169 Hannover)

Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e. V. (Hrsg.): *Biologische und chemische Gütebestimmung von Fließgewässern*. Schriftenreihe der Vereinigung, Bd. 53, Bonn 1994 (Matthias-Grünewald-Str. 1–3, 53175 Bonn)

Wellinghorst, R.: *Wirbellose Tiere des Süßwassers – Bestimmungsschlüssel*. Friedrich-Verlag, Seelze 1996

Ludwig, H.: *Tiere unserer Gewässer*. BLV Bestimmungsbuch. München 1989

Schwab, H.: *Süßwassertiere, ein ökologisches Bestimmungsbuch*. Klett Verlag, Stuttgart 1995

Baur, W.: *Gewässergüte bestimmen und beurteilen*. Paul Parey Verlag. Hamburg 1997

Hoffman, A.: *Das Becherlupen-Buch des Bund Naturschutz in Bayern e. V.* Moses Kinderbuchverlag. 64 S., Kempfen 1999

B

C

D

E

F

G

Schorr, E.: *Bestimmungsschlüssel zur Fließgewässeruntersuchung*. Stark Verlagsgesellschaft. 42 S., Freising 1991

*Care-Paket: Materialsammlung für die Hauptschule Geschichte/Sozialkunde/Erdekunde, 6. Jahrgangsstufe*. CARE-LINE Verlag, Neuried, 1998

### c) Didaktisch aufbereitete Schulliteratur:

Verband der Chemischen Industrie (VCI): *Umweltbereich Wasser*. Folienserie Nr. 13 vom Fond der Chemischen Industrie. 48 Folien und ein Textheft. Frankfurt 1990

Vereinigung Deutscher Gewässerschutz e. V. (VDG): verschiedene Broschüren und Schriften für den Schuleinsatz. Bezugsadresse: Matthias-Grünwald-Straße 1 – 3, 53175 Bonn

*Fließgewässer*. Unterricht Biologie Heft 59, Friedrich Verlag, Seelze, 1981

Schnelltestverfahren. Reihe *Naturwissenschaften im Unterricht*. Chemie, Heft 15. Friedrich Verlag, Seelze 1992

*Binnengewässer*. Unterricht Biologie Heft 216, Friedrich Verlag, Seelze 1996

*Wasser erforschen und erfahren – das Element Wasser für die Klassen 8 bis 11*. Verlag an der Ruhr, Mülheim 1986 (Postfach 10 22 51, 45422 Mülheim a. d. Ruhr)

*Ökosystem Stadtbach*. Praxis der Naturwissenschaften (PdN) Heft 2/43, Aulis-Verlag, Köln, 1994

*Probleme der Wasserverschmutzung und Wasser – Grundlage allen Lebens. Unterrichts- und Projektvorschläge für das 5. bis 10. Schuljahr*. Deutsche Umwelt-Aktion e. V., Düsseldorf 1986 (Heinrich-Heine-Allee 23, 40213 Düsseldorf)

*Wasser*. Lernchancen 1/98, Friedrich Verlag, Seelze 1998

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit: *Wasser*. Reihe *Magazin-spezial*, 9. Ausgabe. 82. S., Neuerberg 1994

### d) Einfache Lehrbücher und Übersichten:

Pews-Hocke, C. u.a.: *Wasser*. Lehrerheft und Themenheft für den fachübergreifenden Lernbereich *Naturwissenschaften*. PAETEC-Verlag, 1997.

Brehm, J. und Meijering, M. P. D.: *Fließgewässerkunde*. 295 S., Quelle & Mayer Verlag, Heidelberg 1996

Scharf, K.H. und Zieris, F.-J. (Hrsg): *Gewässergefährdungen*, Praxis der Naturwissenschaften Heft 1/42, Aulis-Verlag, Köln 1993

Gradl, T.: *Leitfaden der Gewässergüte*. Oldenbourg Verlag, München 1981

Gerhardt-Dirksen, A.: *Ökosystem Stadtteich*. Praxis der Naturwissenschaften Heft 6/40, Aulis-Verlag, Köln 1991

Hütter, L.: *Wasser und Wasseruntersuchung*. Reihe *Laborbücher Chemie*, Diesterweg Verlag. 511 S., Frankfurt 1994

Graw, M. und Borchardt, D.: *Ein Bach ist mehr als Wasser*. Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, 245 S., 8 Folien, 1999

Klee, O.: *Angewandte Hydrobiologie*. Thieme Verlag. 272 S., Stuttgart 1991

Allianz Umweltstiftung: *Informationen zum Thema Wasser*, 44 S., 22 Folien, 1999

Schwoerbel, J.: *Einführung in die Limnologie*. Spektrum Akademie Verlag, Stuttgart 1999

Besch, W.K. u.a.: *Limnologie für die Praxis-Grundlagen des Gewässerschutzes*. ecomed-Verlag, Landshut 1996

Geo-Wissen: *Wasser – Leben – Umwelt*. Reihe *Geo-Wissen* Nr. 2, 1988. Verlag Gruner & Jahr, Hamburg

A

B

C

D

E

F

G

## 2 Schüleraktivitäten

Hier finden Sie die Arbeitsblätter:

- EA1** Gewässergütebestimmung mit Zeigerorganismen (\*)
- EA2** Bestimmungsschlüssel für Zeigerorganismen der Gewässergüte
- EA3** Langzeit-Bewertung eines Altwassers
- EA4** Temperatur und Sauerstoffgehalt eines Gewässers, mit Bewertungshilfe (\*)
- EA5** Chemische Untersuchung von Wasserproben eines Gewässers, mit Bewertungshilfe (\*)
- EA6** Wie klar ist der See? Mit Bewertungshilfe (\*)
- EA7** Basteln eines Schöpfgeräts (Meyersche Schöpfflasche) (\*)
- EA8** Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen in einem See (\*)
- EA9** Modellversuche zur Temperaturschichtung und Wasserzirkulation in Seen

(\*) Bitte beachten Sie auch die **didaktischen Vorüberlegungen** (Nr. E2.3)!

### 2.1 Beiträge zu den Unterrichtsfächern

#### Biologie

- Repräsentative Probenentnahme
- Arbeiten mit Bestimmungshilfen
- Kennenlernen von Vertretern (einheimischen Arten) aus verschiedenen Tier- und Pflanzengruppen
- Grundlagen der Gewässergütekartierung

#### Chemie

- Ermittlung wichtiger chemischer Parameter der Gewässer
- Einstufung der Aussagekraft der ermittelten Werte (Fehlerquellen der Methodik)
- Darstellung von Ergebnissen in geeigneter Weise und ihre Interpretation

#### Physik

- Aufnahme physikalischer Parameter in einem stehenden Gewässer (Altwasser, See): Erstellung eines Temperaturprofils, Ermittlung der Sichttiefe (Schwebstoffgehalt und Algenmenge).

#### Mathematik

- Anwendung statistischer Methoden

#### Erdkunde

- Arbeiten mit thematischen Karten (Gewässergütekarten)

### 2.2 Ausweitung

- Berechnung des Saprobienindex aus Häufigkeit und Indikatorwerten von Organismen (Prinzip!)
- Mikroskopische Untersuchungen von Aufwuchs- oder Planktonorganismen
- Keimzahlbestimmung von Wasserproben auf Agarplatten (Beachtung der Sicherheitsrichtlinien!)
- Maßanalysen: z. B. iodometrische Bestimmung gelösten Sauerstoffs nach Winkler-Bruhns
- Bestimmung des Gehaltes an leicht oxidierbaren organischen Stoffen in Wasserproben
- Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Wasserproben (Maß für die Ionenkonzentration)
- Ermittlung des Kohlenstoffdioxidgehaltes (freie Kohlensäure) in Wasserproben
- Vergleich selbst erhobener Werte mit den bereits existierenden regionalspezifischen Daten und Erklärung eventueller Abweichungen.

### 2.3 Didaktische Vorüberlegungen

#### 2.3.1 Biologische Gewässergütebestimmung

Für den ungeübten oder wenig geübten Untersucher muss die Bewertung der Ergebnisse einer biologischen Gewässergütebestimmung auf die Feststellung sehr grober Unterschiede beschränkt werden. Die vereinfachten Schnellmethoden lassen deshalb im Regelfall nur eine Unterscheidung auf  $\pm$  eine Güteklasse zu, d. h., „mäßig belastete“ (Güteklasse II) und „stark verschmutzte“ (Güteklasse III) Gewässerabschnitte können mit hinreichender Sicherheit unterschieden werden, nicht jedoch z. B. „mäßig belastete“ von „kritisch belasteten“ Abschnitten (Güteklassen II und II – III).

Die an den Erfordernissen der Schule orientierten Bestimmungsbücher suggerieren dennoch in Einzelfällen mit der Errechnung eines Saprobienindex eine Bewertungsschärfe, die bei der häufig nicht ausreichend genauen Erfassung des Arteninventars nicht zutreffend ist und damit die Gefahr einer Überinterpretation oder gar Fehlinterpretation der Ergebnisse birgt.

Um grobe Fehlinterpretationen der eigenen Untersuchungsergebnisse zu vermeiden, empfiehlt es sich, gewässerbiologische Untersuchungen

- auf wenige Abschnitte zu beschränken,
- bei der Auswahl der Untersuchungsstellen markante Einleitungen (auch Nebenbäche) einzubeziehen,
- den Vergleich vorrangig qualitativ und beschreibend vorzunehmen,
- bei den örtlich zuständigen Wasserwirtschaftsämtern vorab anzufragen, ob Ergebnisse für den zu untersuchenden Gewässerabschnitt vorliegen, und ggf.
- mit gewässerbiologischen Fragen befasste Personen zur Untersuchung beizuziehen (z. B. Gewässerwarte der örtlichen Fischereivereine, Mitarbeiter von Naturschutz- oder Wasserverbänden, Umweltschutzbeauftragte von Gemeinden, Personal der Wasserwirtschaftsämter).

Sofern vorrangig die Schülerselbsttätigkeit im Vordergrund steht, ist die Ergebnissicherheit von nachrangiger Bedeutung. Die oben genannten Einschränkungen sind jedoch zu berücksichtigen.

Detailkarten sind für die einzelnen Regierungsbezirke oder Landkreise vielfach in Gewässergütebroschüren der Regierungen oder der Wasserwirtschaftsämter veröffentlicht und können dort bezogen werden. Vermehrt sind diese Karten auch unter den Internet-Adressen der Ämter verfügbar (► Modul G). Arbeitskarten von einzelnen Gewässerabschnitten sind auf Anfrage von den Wasserwirtschaftsämtern zu beziehen.

Die biologische Gewässergütebestimmung ist nicht für alle Gewässer uneingeschränkt anwendbar. Einschränkungen ergeben sich bei

- Seeausläufen (spezifische Lebensgemeinschaften),
- gestauten und stehenden Gewässerabschnitten (keine fließgewässertypischen Organismen),
- technisch verbauten Gewässern ohne natürliche Substrate (eingeschränkte Lebensbedingungen),
- nur zeitweilig wasserführenden Bächen oder Gewässerabschnitten.

### 2.3.2 Chemische Messungen

Genormte chemische Untersuchungsmethoden, wie sie beispielsweise in der Wasserwirtschaftsverwaltung eingesetzt werden, sind im Rahmen der Schule wegen des gerätetechnischen Aufwands nicht praktikabel und erfordern einschlägig ausgebildetes Personal. Es gibt jedoch für ein Anzahl von Stoffen einfache Nachweisverfahren, die als sog. „Schnelltests“ in der Schule leicht Anwendung finden können und z. B. Bestandteil von Umweltkoffern sind. Als preisgünstige und einfach durchzuführende Verfahren erfordern sie kein chemisches Vorwissen und können deshalb als „Werkzeug“ (auch ohne Kenntnis der analytischen Grundlagen) zur Erfassung der Wasserqualität vor Ort eingesetzt werden. Beschreibungen von Schnelltests finden sich in den Literaturangaben (► Modul E 1.6).

Für den erfolgreichen schulischen Einsatz chemischer Messmethoden im Rahmen von Gewässeruntersuchungen sind jedoch drei Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- vorherige Einübung der Verfahren,
- ausreichende Abklärung der Messgenauigkeit der Verfahren,
- Bewertung der Ergebnisse (Maßstab).

Aussagekräftige Ergebnisse erfordern eine ausreichende Messgenauigkeit. Dabei sind vor allem die Nachweisgrenze und Abstufung von Bedeutung. Zur Orientierung kann die Tabelle in **EA5** herangezogen werden, die für eine Auswahl einfach messbarer Größen (auch mit Schnelltestverfahren) einen groben Bewertungsmaßstab der Ergebnisse liefert. Angegeben sind jeweils vier Belastungsklassen:

Die Klasse I stellt die natürliche Grundbelastung, Klasse II die Zielwerte mäßiger Belastungen dar. Für erhöhte Belastungen (Klassen III und IV) sind häufige Ursachen in einer eigenen Spalte angeführt. Zwischenwerte ergeben die Zwischenklassen.

Eine ausreichende Genauigkeit der Verfahren erfordert, dass mit den Schnelltests auch ein Messergebnis erzielt werden kann, d. h., die Nachweisgrenzen (Messergebnis „Null“) sollten kleiner als die Zielwerte (Klasse II in **EA5**) sein. Diese Bedingung sollte bei den anzuwendenden Schnelltests (z. B. Teststäbchen) vorab anhand der Farbskalen geprüft werden. Günstig ist es, wenn die erste Farbstufe nach dem „Nullwert“ etwa die Werte der Klasse II erreicht. Sollte dies nicht der Fall sein, können aussagekräftige Ergebnisse nur bei höherer Belastung des Gewässers erzielt werden. Für diesen Fall ist eine Voruntersuchung des Gewässers unerlässlich.

### 2.3.3 Untersuchung von Seen

Falls sich in der Nähe der Schule ein See befindet, der mehrere Meter tief ist, lassen sich wesentliche Befunde zur Bewertung des Sees ebenfalls mit einfachen Methoden gewinnen. Bei der Untersuchung eines Sees im Rahmen des Biologie- oder Erdkundeunterrichts oder im Lauf eines Schullandheimaufenthaltes ist Folgendes zu berücksichtigen:

- für eine genauere Untersuchung ist ein Boot unerlässlich, da eine ausschließlich auf den Uferbereich beschränkte Betrachtung kein ausreichend repräsentatives Zustandsbild ermöglicht;
- aus Kapazitätsgründen und aus Gründen der Sicherheit ist damit die Behandlung in arbeitsteiligen Kleingruppen mit überwiegender Schülerelbsttätigkeit stark eingeschränkt;
- Gerätschaften zur Entnahme von Wasserproben aus größeren Wassertiefen sind im Regelfall nicht vorhanden, können aber leicht hergestellt werden (► EA7);
- die Ermittlung der besonders bedeutsamen Pflanzennährstoffe, insbesondere der Phosphate in ihren jeweiligen Verbindungsformen, ist schulischen Methoden und Schnelltests nicht zugänglich.

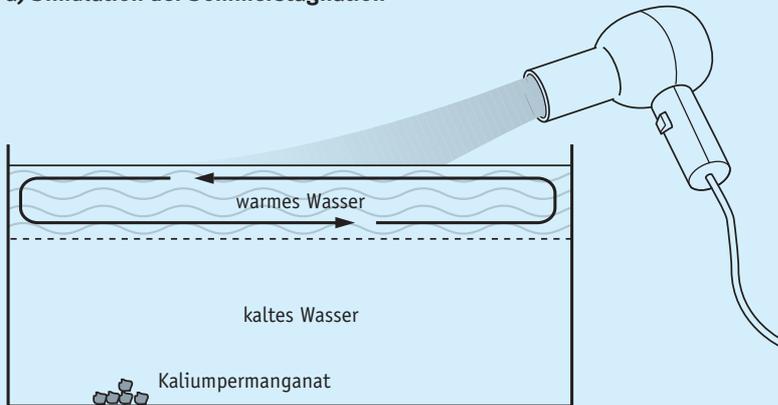
Die Erfassung und Bewertung des Seenzustandes wird deshalb im Teil E 2 (Schüleraktivitäten) weniger ausführlich behandelt.



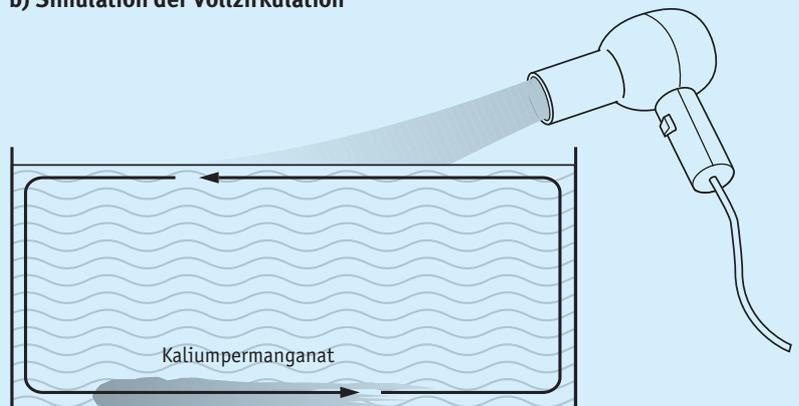
## Lösungen zu den Arbeitsblättern

### EA9

#### a) Simulation der Sommerstagnation



#### b) Simulation der Vollzirkulation



# Gewässergütebestimmung mit Zeigerorganismen

## Material

- ✓ Gummistiefel ✓ feinmaschiger Kescher (Haushaltssieb)
- ✓ mehrere flache weiße Plastikschalen (Fotogeschäft!) ✓ Plastik-Partyteller
- ✓ verschließbare Marmeladengläser ✓ Spritzflasche mit Bachwasser
- ✓ Pipetten mit weiter Öffnung ✓ Pinzette ✓ weicher Pinsel ✓ Löffel
- ✓ Lupe und/oder Binokular ✓ Bestimmungshilfe ✓ Schreibunterlage ✓ Bleistift

## Vorbemerkung



### Auswahl des Untersuchungsortes und Zeitraum der Untersuchung

Wählt im Bach **Abschnitte zur Untersuchung** aus, die **weniger als ca. 0,5 m tief** sind. Im Sommer könnt ihr auch etwas größere Tiefen bis etwa Hüfthöhe (Badehose, Badeschuhe) untersuchen. Der Bach sollte natürlich nicht begangen werden, wenn durch Verschmutzungen Gesundheitschäden möglich sind.

Führt die **Untersuchung bei stabil niedriger Wasserführung, keinesfalls jedoch unmittelbar nach einem Hochwasser** durch! Wählt dazu die Untersuchungsabschnitte nach folgenden Gesichtspunkten aus:

- Lage ober- und unterhalb von Einleitungen oder Einmündungen,
- möglichst natürliche Beschaffenheit des Gewässergrundes,
- Vergleichsmessung in einem kanalisierten Abschnitt, falls vorhanden.



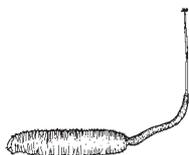
**Setzt die entnommenen Tiere und Pflanzen nach der Untersuchung in den Bach zurück!**

## Vorgehen

### Die Probenahme

Füllt vor Beginn an der Untersuchungsstelle die weiße **Plastikschale** ca. 2 cm hoch mit **Bachwasser**. Sammelt in den Untersuchungsabschnitten auf einer **Länge von ca. 100 m** die Gewässerorganismen auf und untersucht dabei nach Möglichkeit die gesamte Bachbreite.

Geht dabei mit dem Kescher (Sieb) wie folgt vor:

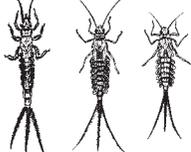
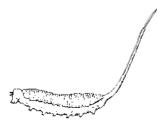
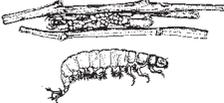
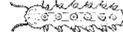
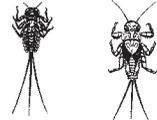


- ① **Schüttelt** vorhandene **Wasserpflanzen** kräftig durch (nicht ausreißen!) und **sammelt** die dabei **freischwimmenden Tiere** mit dem Kescher.
- ② Spült den **Siebinhalt** mit der Spritzflasche **in die Sammelschale**.
- ③ Sucht die **Tiere** heraus und **füllt sie** in die mit etwas Wasser gefüllten **Marmeladengläser**.
- ④ Geht **bei steinigem und kiesigem Untergrund** in gleicher Weise vor: Entnimmt einzelne größere Steine aus dem Gewässer und haltet das **Sieb in Fließrichtung direkt hinter den Stein**, um mit der Strömung flüchtende Tiere ebenfalls aufzufangen.
- ⑤ **Spült** mit der Spritzflasche **oder sortiert** mit Pinzette bzw. nassem Pinsel vorsichtig die an den Steinen (Unterseite!) sitzenden **Tiere ab**. Gebt sie in die weißen Schalen, die Party-Teller oder die Marmeladengläser.
- ⑥ Gebt die **verschiedenen Tiere in einzelne Gefäße** und versucht, sie mit der Bestimmungshilfe grob zuzuordnen (► Arbeitsblatt **EA 2**). Nehmt dazu auch die **Lupe** (das Binokular) zu Hilfe.
- ⑦ Schätzt ihre Häufigkeiten nach folgender Skala:  
**1 = Einzelfund 2 = selten bis mäßig häufig 3 = sehr häufig 4 = massenhaft**
- ⑧ Tragt die **Ergebnisse in einer Tabelle** zusammen.

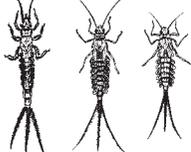
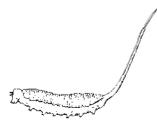
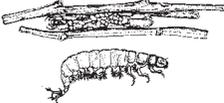
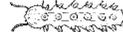
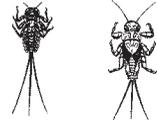


# Bestimmungsschlüssel für Zeigerorganismen der Gewässergüte

Zeigerorganismen der Gewässergüte (ausführlichere Bestimmungsschlüssel sind im Literaturverzeichnis auf den S. 140 – 141 aufgeführt)

Gewässergüteklasse	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
Saprobienindex (SI)	unbelastet bis gering belastet 1,0 bis < 1,5	gering belastet 1,5 bis < 1,8	mäßig belastet 1,8 bis < 2,3	kritisch belastet 2,3 bis < 2,7	stark belastet 2,7 bis < 3,2	sehr stark verschmutzt 3,2 bis < 3,5	übermäßig verschmutzt 3,5 bis 4,0
<b>Zeigerorganismen</b>	Steinfliegenlarve (s = 1.0) 	Steinfliegenlarve (s = 1.5) 	Eintagsfliegenlarven (rund) (s = 2.0) 	Schlammfliegenlarve (s = 2.5) 	Stechmückenlarven (s = 2.7) Larve  Puppe 	Zuckmückenlarve (rot) (s = 3.5) 	Rattenschwanzlarve (s = 4.0) 
<b>s = Indexwert des Zeigerorganismus</b>	Köcherfliegenlarve (s = 1.0) 	Köcherfliegenlarven (s = 1.5) 	Köcherfliegenlarven (s = 2.0) 	Flußflohkrebs (s = 2.2) 	Wasserrassel (s = 2.8) 	Abwasserpilz (s = 3.5) (bräunlich-graue Zotten) 	Schwefelbakterien (s = 4.0) (weißlich-grauer Belag über schwarzen Faulschlamm) 
	Lidmückenlarve (s = 1.0) 	Eintagsfliegenlarven (flach) (s = 1.5) 	Bachflohkrebs (s = 2.0) 	Kugelmuschel (s = 2.5) 	Wimpertierchen (s = 3.0) (wattig-graue Kolonie) 	Pollepel (s = 2.8) 	Schlammröhrenwürmer (s = 3.5) 
	Vielaugenstrudelwurm (s = 1.0) 	Hakenkäfer (s = 1.5) Larve  Larve  Dreieckskopfstrudelwurm (s = 1.5) 	Flußmuschel (s = 2.0)  Flußnapfschnecke (s = 2.0)  Bachtaumelkäfer (s = 2.0) Larve  Egel (s = 2.5) 				

# Bestimmungsschlüssel für Zeigerorganismen der Gewässergüte

Gewässergüteklasse	I	I-II	II	II-III	III	III-IV	IV
Saprobienindex (SI)	unbelastet bis gering belastet 1,0 bis < 1,5	gering belastet 1,5 bis < 1,8	mäßig belastet 1,8 bis < 2,3	kritisch belastet 2,3 bis < 2,7	stark belastet 2,7 bis < 3,2	sehr stark verschmutzt 3,2 bis < 3,5	übermäßig verschmutzt 3,5 bis 4,0
<b>Zeigerorganismen</b>	Steinfliegenlarve (s = 1.0) 	Steinfliegenlarve (s = 1.5) 	Eintagsfliegenlarven (rund) (s = 2.0) 	Schlammfliegenlarve (s = 2.5) 	Stechmückenlarven (s = 2.7) Larve  Puppe 	Zuckmückenlarve (rot) (s = 3.5) 	Rattenschwanzlarve (s = 4.0) 
<b>s = Indexwert des Zeigerorganismus</b>	Köcherfliegenlarve (s = 1.0) 	Köcherfliegenlarven (s = 1.5) 	Köcherfliegenlarven (s = 2.0) 	Flußflohkrebs (s = 2.2) 	Wasserrassel (s = 2.8) 	Abwasserpilz (s = 3.5) (bräunlich-graue Zotten) 	Schwefelbakterien (s = 4.0) (weißlich-grauer Belag über schwarzen Faulschlamm) 
	Lidmückenlarve (s = 1.0) 	Eintagsfliegenlarven (flach) (s = 1.5) 	Bachflohkrebs (s = 2.0) 	Kugelmuschel (s = 2.5) 	Wimpertierchen (s = 3.0) (wattig-graue Kolonie) 	Pollepel (s = 2.8) 	Schlammröhrenwürmer (s = 3.5) 
	Vielaugenstrudelwurm (s = 1.0) 	Hakenkäfer (s = 1.5) Larve  Käfer  Dreieckskopfstrudelwurm (s = 1.5) 	Flußmuschel (s = 2.0)  Flußnapfschnecke (s = 2.0)  Bachtaumelkäfer (s = 2.0) Larve  Käfer 	Egel (s = 2.5) 			

## Langzeit-Bewertung eines Altwassers

### Materialien

- ✓ pH-Teststreifen
- ✓ (Aquarien-) Thermometer
- ✓ weißes wasserfestes Plastikbrett
- ✓ topografische Karte 1 : 25.000
- ✓ Ergebnisblatt **EA3**

### Aufgabe

Bewertet ein Altwasser.

### Vorgehen

- ① Sucht die **Altwasser** an dem zu untersuchenden Bach mit Hilfe einer **topografischen Karte** aus. Wählt jeweils die **Altwasserabschnitte** vor Ort aus, die
  - noch **mit dem Bach in Kontakt** stehen,
  - **vom Bach abgetrennt** sind und nur bei Hochwasser überflutet werden.
- ② Führt **regelmäßige Messungen** bei den beiden Altwassertypen und einem nahegelegenen Bachabschnitt durch, z. B. 14-tägig oder monatlich.  
**Bestimmt dabei:**
  - die **Wassertemperatur an der Oberfläche oder in stets gleicher Tiefe** (z. B. 50 cm) und an **vergleichbaren Stellen**,
  - den **Säuregrad** (pH-Wert),
  - den **Geruch**:
    - geruchsfrei*/frisch
    - erdig* bei Vorkommen von Blaualgenblüte
    - fischig* bei starker Kieselalgenentwicklung
    - modrig-faulig* bei starker Verunreinigung
    - jauchig* bei Vorkommen von Ammoniak, Schwefelwasserstoff
    - chemisch*
  - das Ausmaß der **Verkrautung** (viel/wenig),
  - das Aufkommen von **Algenwatten** (viel/wenig),
  - die **Trübung** mit dem Plastikbrett als Sichtscheibe in konstanter Tiefe (z. B. 50 cm unter der Oberfläche: stark/niedrig),
  - das Vorkommen von **Fischen** (keine/wenige/viele),
  - die Auswirkungen von **Überflutungen** bei Hochwasser.
- ③ Tragt die **Ergebnisse in die Tabelle (Ergebnisblatt)** ein.
- ④ **Erläutert** die Resultate.



## Temperatur und Sauerstoffgehalt eines Gewässers

### Materialien

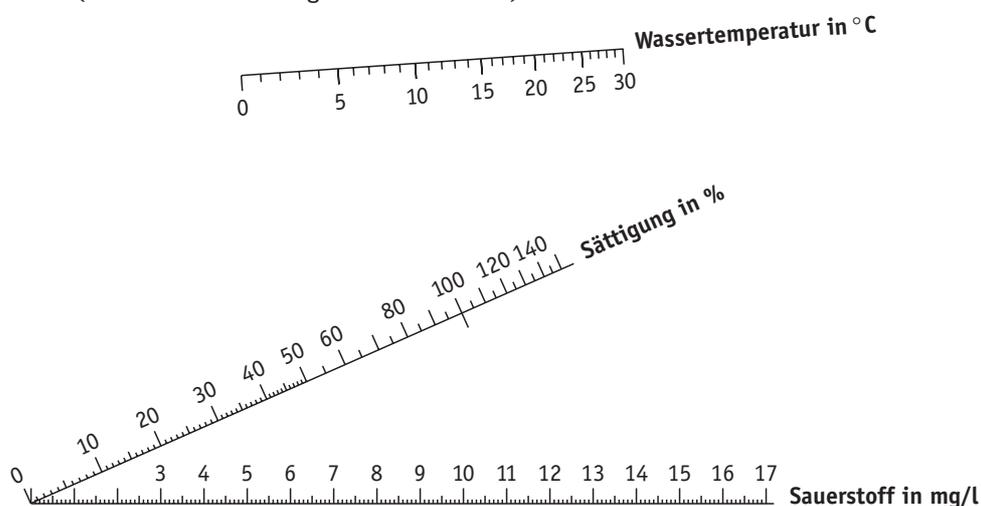
- ✓ Gummistiefel/Badekleidung
- ✓ Sauerstoffelektrode oder Reagenziensatz
- ✓ Geräte zur Sauerstoffbestimmung (z. B. Aquamerck)
- ✓ Thermometer
- ✓ Probenglas (Marmeladenglas oder Becherglas)

### Aufgabe

Bestimmt die Temperatur und den Sauerstoffgehalt des Wassers.

### Vorgehen

- ① Entnimmt mit dem Glas eine Wasserprobe und bestimmt die Wassertemperatur und den Sauerstoffgehalt des Wassers.
- ② **Ermittelt** aus den Messwerten die so genannte **Sauerstoffsättigung**. (Benutzt dazu die folgende Arbeitshilfe):



Legt mit einem Lineal bei den gemessenen Wassertemperaturen und Sauerstoffgehalten (obere und untere Leiste) an und lest die Sauerstoffsättigung an der mittleren Leiste ab.

- ③ Führt die **Messungen** auch durch
  - in **verschiedenen Abständen vom Ufer** über die gesamte Bachbreite,
  - zu **verschiedenen Tageszeiten** an einem sonnigen Sommertag.

### Auswertung

- 1 **Wann** sind die **höchsten Sauerstoffgehalte** im Laufe eines Sommertages feststellbar?
- 2 **Wie groß** sind die **Tagesschwankungen** (Unterschiede zwischen Minimal- und Maximalwerten)?
- 3 **Bewertet** eure Ergebnisse. Verwendet dazu als Bewertungshilfe folgende Tabelle:

### Bewertungshilfe

Tagesschwankung des Sauerstoffgehalts	Pflanzenproduktion	Nährsalzbelastung
1 bis 2 mg/l	gering bis mäßig (oligotroph bis mesotroph)	gering bis mäßig
2 bis 4 mg/l	erheblich (eutroph)	erheblich
Größer als 4 mg/l	stark (polytroph)	stark bis übermäßig

## Chemische Untersuchung von Wasserproben eines Gewässers

### Materialien

- ✓ Gummistiefel
- ✓ Analysenkoffer oder Reagenziensätze
- ✓ Probenglas (Marmeladenglas oder Becherglas)

### Aufgabe

Bestimmt den Gehalt an Nährstoffen und den Sauerstoffgehalt.

### Vorgehen

- ① Entnimmt eine **Wasserprobe** und führt die mit dem Analysenkoffer möglichen Untersuchungen durch.
- ② Tragt die Ergebnisse in eine **Tabelle** ein.

### Auswertung

**Bewertet** die Ergebnisse (verwendet dazu die Bewertungshilfe).

### Bewertungshilfe

für die Ergebnisse chemischer Messungen in Bächen

Messgröße	Einheit	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	häufige Ursachen bei erhöhten Belastungen
		B e l a s t u n g				
		Unbelastet	Mäßig belastet	Erhöht belastet	Sehr hoch belastet	
Nitrat	mg/l	< 5	< 10	< 40	> 80	landwirtschaftliche Düngung
Phosphat	mg/l	0,05	< 0,3	< 1,2	> 2,5	landwirtschaftliche Düngung, Bodenabtrag, Einschwemmung, Abwassereinleitung
Sauerstoff	mg/l	> 8	> 6	> 4	< 2	Abwasser: organische Schmutzstoffe
Sauerstoffsättigung	%	90 – 105	80 – 90 120 – 135	60 – 80 170 – 250	< 50 > 350	< 100: organische Schmutzstoffe > 100: Düngewirkung von Nährstoffen und Pflanzenwachstum
Ammonium	mg/l	< 0,05	< 0,5	< 1,5	> 3,0	Abwasser, frische Gülle, Jauche
Nitrit	mg/l	< 0,03	< 0,3	< 1,5	> 2,5	Abwasser, Gülle, Jauche
pH-Wert		7,0 – 8,0 (4,0 – 6,0*)	8,3 – 8,5	8,8 – 9,0	> 9,5	Wirkung von Nährstoffen und Pflanzenwachstum; * Versauerung

### Grundlage

- jeweils die höchsten gemessenen Werte
- beim Sauerstoff: höchste **und** niedrigste gemessene Werte

### Beachte!

Die gemessenen Werte sind immer nur eine **Momentaufnahme**. **Zeitweilig** können deshalb unter Umständen auch **schlechtere Verhältnisse** auftreten. Für eine genaue Zuordnung werden regelmäßige Messungen über ein Kalenderjahr benötigt.

## Wie klar ist der See?

### Aufgabe 1

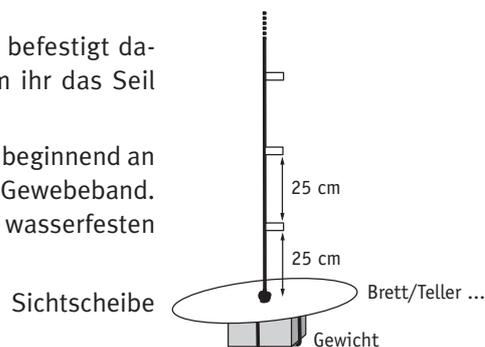
Baut eine Sichtscheibe.

### Materialien

✓ weißes Brett (ca. 30 x 30 cm, z. B. resopalbeschichteter Fachboden aus dem Baumarkt) mit einer Bohrung in der Mitte (oder ein weißer Blech- oder dicker Kunststoffteller) ✓ 10 m Haushaltsschnur oder Seil ✓ ein Gewicht (z. B. durchbrochener Ziegelstein) ✓ farbiges Gewebepapier ✓ wasserfester Filzstift.

### Vorgehen

- ① **Knotet** den **Ziegelstein in das Seil** und befestigt darüber das Brett (bzw. den Teller), indem ihr das Seil durch die Bohrung führt und verknotet.
- ② **Markiert** das Seil **im Abstand von 25 cm**, beginnend an der Oberseite der Scheibe mit farbigem Gewebepapier. Beschriftet die Markierungen mit einem wasserfesten Stift.



### Aufgabe 2

Misst die Sichttiefe.

### Vorgehen

- ① Vom Boot (evtl. ausleihen beim Bootsverleih) **senkt ihr in der Seemitte die Sichtscheibe langsam ab**, bis sie gerade nicht mehr zu sehen ist, und lest an den Markierungen die Sichttiefe ab. Führt die Bestimmung auf der von der Sonne abgewandten Seite durch, damit störende Lichtreflexe möglichst ausgeschaltet werden.
- ② Führt **drei Messungen** durch, **notiert** jeden Wert und bildet den **Mittelwert**.

Messstelle	1. Messwert (m)	2. Messwert (m)	3. Messwert (m)	Mittelwert (m)

### Auswertung

- 1 **Welche Schlüsse** zieht ihr aus euren Messergebnissen? Verwendet dazu die **Bewertungshilfe**.
- 2 Wie wird sich die **Durchsichtigkeit im Lauf des Jahres** verändern? Begründet.
- 3 Welche **anderen Einflüsse**, die nicht durch Algenwachstum hervorgerufen werden, könnten sich auf die Ergebnisse auswirken?

### Bewertungshilfe

Sichttiefe	Algenmenge	Nährstoffgehalt/Trophie
unter 1 m	sehr hoch	sehr hoch/polytroph
1 bis 2,5 m	hoch	hoch/eutroph
2,5 bis 5 m	mäßig	mäßig/mesotroph
deutlich über 5 m	gering	gering/oligotroph

## Basteln eines Schöpfgeräts (Meyersche Schöpfflasche)

### Materialien

- ✓ eine Sektflasche mit pilzförmigem Plastikstopfen (Plastikkorken)
- ✓ ein Netz (z. B. Kartoffelnetz oder Einkaufsnetz)
- ✓ ein Gewicht (z. B. Stein, mindestens 1 kg)
- ✓ 15 m Haushaltsschnur oder Seil
- ✓ farbiges Isolierband
- ✓ wasserfester Filzstift

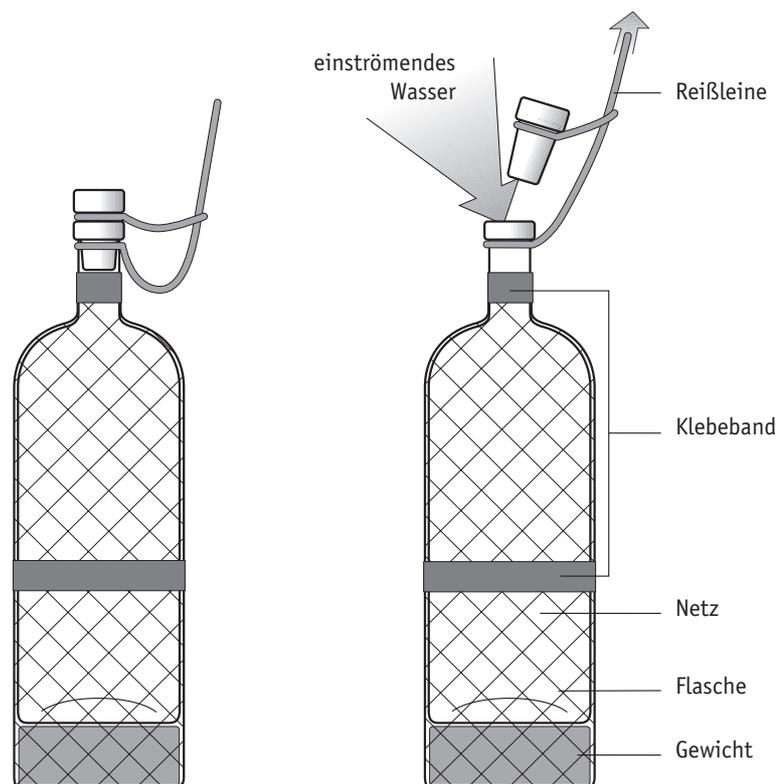
### Aufgabe

Bastelt ein Schöpfgerät.

### Vorgehen

- ① Legt das **Gewicht in das Haushaltsnetz**, stellt die **Flasche darauf** und **wickelt beides** im Haushaltsnetz **straff ein**.  
**Knüpft das Seil in das Netz** und **befestigt die Konstruktion** mit Isolierband **am Flaschenhals** (zur Befestigung der Schnur) und etwa auf Flaschenmitte (zur Befestigung der Flasche und des Gewichts im Netz).
- ② Befestigt nun den **Stopfen** mit Isolierband an einem **kurzen Stück der Haushaltsschnur** (ca. 20 cm). Setzt den Korken nicht zu fest in die Flasche und knotet das kurze Seil am langen Seil so ein, dass beim langen Seil (der Reißleine) noch **ca. 5 cm Spiel** bleiben.
- ③ **Markiert das lange Seil im Abstand von 0,5 m**, beginnend am Flaschenhals mit farbigem Isolierband. Beschriftet die Markierungen mit einem wasserfesten Stift.
- ④ Probiert das Schöpfgerät zunächst an Land aus: **Zieht dazu kräftig am Seil**.

Der Stopfen muss sich dabei **mit Hilfe der Reißleine lösen** können. Sollte das Öffnen noch nicht funktionieren, dann sorgt für einen lockeren Sitz des Korkens und überprüft das Spiel der Reißleine. Verknotet dazu die kurze Leine in einem anderen Abstand mit der Reißleine und prüft erneut.



## Entnahme von Wasserproben aus verschiedenen Tiefen in einem See

### Entnahme von Wasserproben mit dem Schöpfergerät

#### Materialien

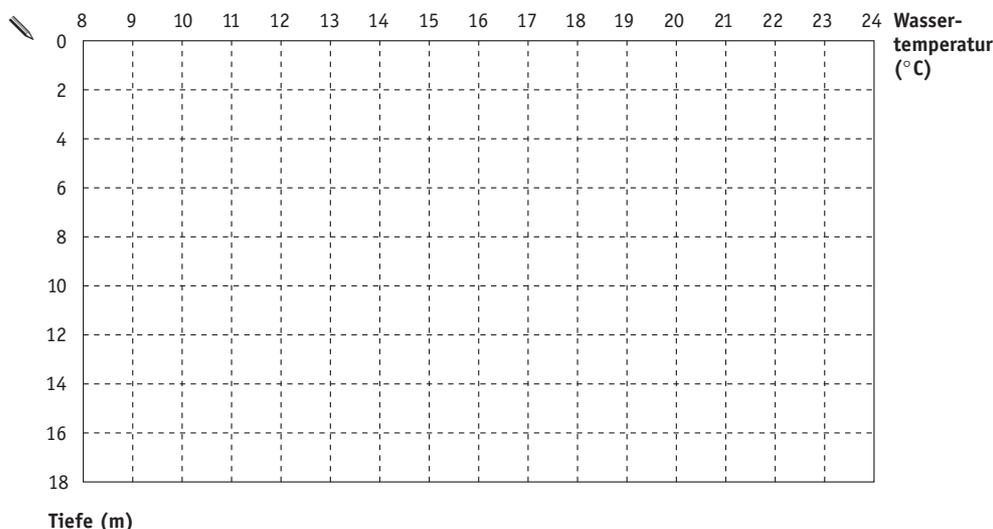
- ✓ Boot z. B. vom Bootsverleih
- ✓ Schöpfergerät aus Arbeitsblatt EA7
- ✓ mehrere durchsichtige Marmeladengläser
- ✓ Aquarienthermometer
- ✓ feines Netz (Seidenstrumpf oder Kaffeefilter)

#### Aufgabe

Ermittelt die Wassertemperatur in den verschiedenen Tiefen des Sees.

#### Vorgehen

- ① **Verschließt** die leere Flasche mit dem Korken und **senkt den Schöpfer** bis in die gewünschte Tiefe langsam **ab**. **Zieht** dann kräftig **am Seil**.
- ② **Wartet** 1 – 2 Minuten **bis die Flasche gefüllt** ist, und **holt sie** dann zügig **nach oben**.
- ③ Füllt die **Proben in die bereitgestellten Marmeladengläser**, misst die **Wassertemperatur** und prüft die Proben dabei auf charakteristische **Gerüche oder Farben**.
- ④ Tragt die **Wassertemperatur der jeweiligen Tiefe** in das **Diagramm** ein.
- ⑤ **Wiederholt** die Probenahme in Schritten von 1 m bis max. 15 m und **beschriftet die Marmeladengläser** (Probennummer, Tiefe).



#### Auswertung

- 1 Gibt es eine **regelmäßige Änderung der Temperatur mit der Tiefe** oder gibt es Sprünge?
- 2 Kann man anhand des Temperaturverlaufs **einzelne Schichten** unterscheiden?
- 3 **Unterscheiden** sich die **Gerüche** oder die **Farben** in den einzelnen Schichten?

#### Zusatzaufgaben

- 1 Gibt es mit dem bloßen Auge erkennbare **Tiere**? Wie **bewegen** sie sich?
- 2 Unterscheidet sich ihre **Anzahl** in den **unterschiedlichen Tiefen**?
- 3 **Reichert** die Probe **mit Tierchen an**, indem ihr die Probe aus dem Glas durch den Filter oder den Seidenstrumpf gießt und die auf dem Filter zurückgehaltenen Tierchen (das sogenannte Plankton) sogleich in etwas Wasser bringt. Die Kleinlebewesen könnt ihr unter dem **Mikroskop** betrachten.

## Modellversuche zur Temperaturschichtung und Wasserzirkulation in Seen

### Materialien

✓ Zwei ca. 20-Liter-Kunststoff- oder Vollglas-Aquarien ✓ Plastikfolie/Styropor- oder Korkplatte ✓ Aluminiumbronze ✓ Kaliumpermanganat-Kristalle ✓ Föhn

### Aufgabe

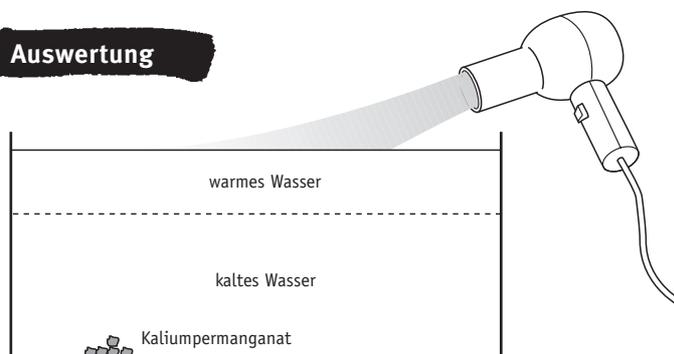
Untersucht in Modellversuchen die Temperaturschichtung.

#### a) Simulation der Sommerstagnation

### Vorgehen

- ① Ein **Aquarium** wird zu **zwei Drittel mit kaltem Leitungswasser** gefüllt. Dann legt ihr eine zugeschnittene **Plastikfolie** so auf die Wasseroberfläche, dass sie zu beiden Längsseiten über den Beckenrand gelegt werden kann, und füllt das **obere Drittel mit ca. 40 °C warmem Wasser**.
- ② Zieht die **Folie vorsichtig heraus**. Die Durchmischung kann man auch vermeiden, wenn man eine größere Styropor- oder Korkplatte auf das kalte Wasser legt und auf diese langsam das warme Wasser gießt.
- ③ Wenn sich das **Wasser beruhigt** hat, lasst ihr eine Spatelspitze **Kaliumpermanganat** ( $\text{KMnO}_4$ ) in das Wasser rieseln. Auf die Wasseroberfläche wird etwas **Aluminiumbronze** gestreut.
- ④ Anschließend blast ihr mit einem **Föhn** schräg über die Wasseroberfläche.

### Auswertung



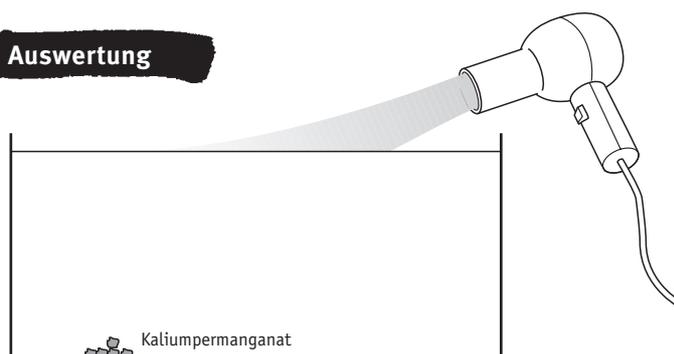
- 1 **Ergänzt** mit Hilfe eurer Beobachtungen die Darstellung des Versuchs.
- 2 Wie erklärt ihr die durch das violette Permanganat und die Aluminiumteilchen sichtbar gemachte **Wasserschichtung und -bewegung**?
- 3 **Übertrag**t eure Beobachtungen auf die Verhältnisse in einem See.

#### b) Simulation der Vollzirkulation

### Vorgehen

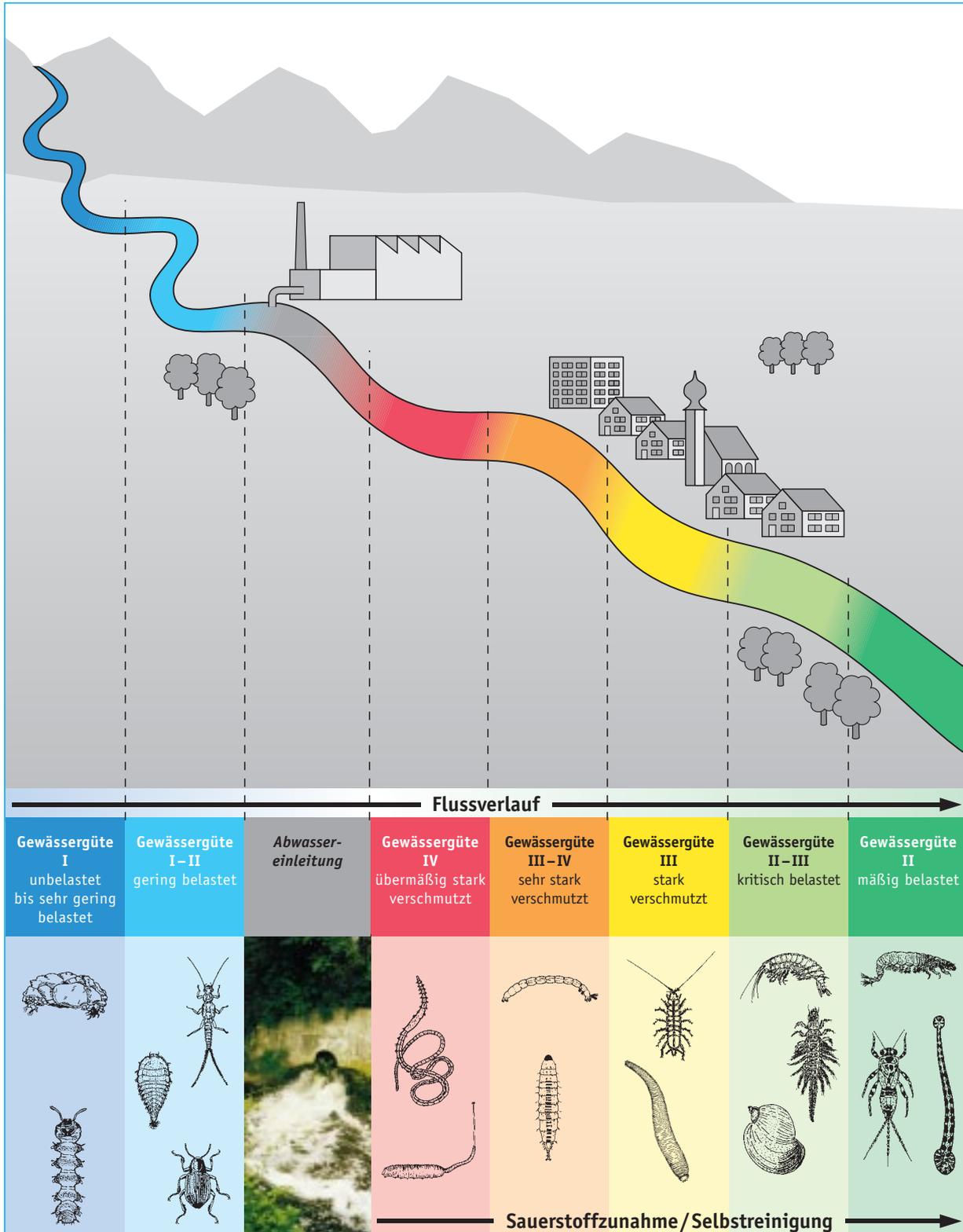
Ein gleich großes Aquarium wird ausschließlich mit **kaltem Leitungswasser** gefüllt. Nach der Beruhigung des Wassers wird wie oben verfahren.

### Auswertung



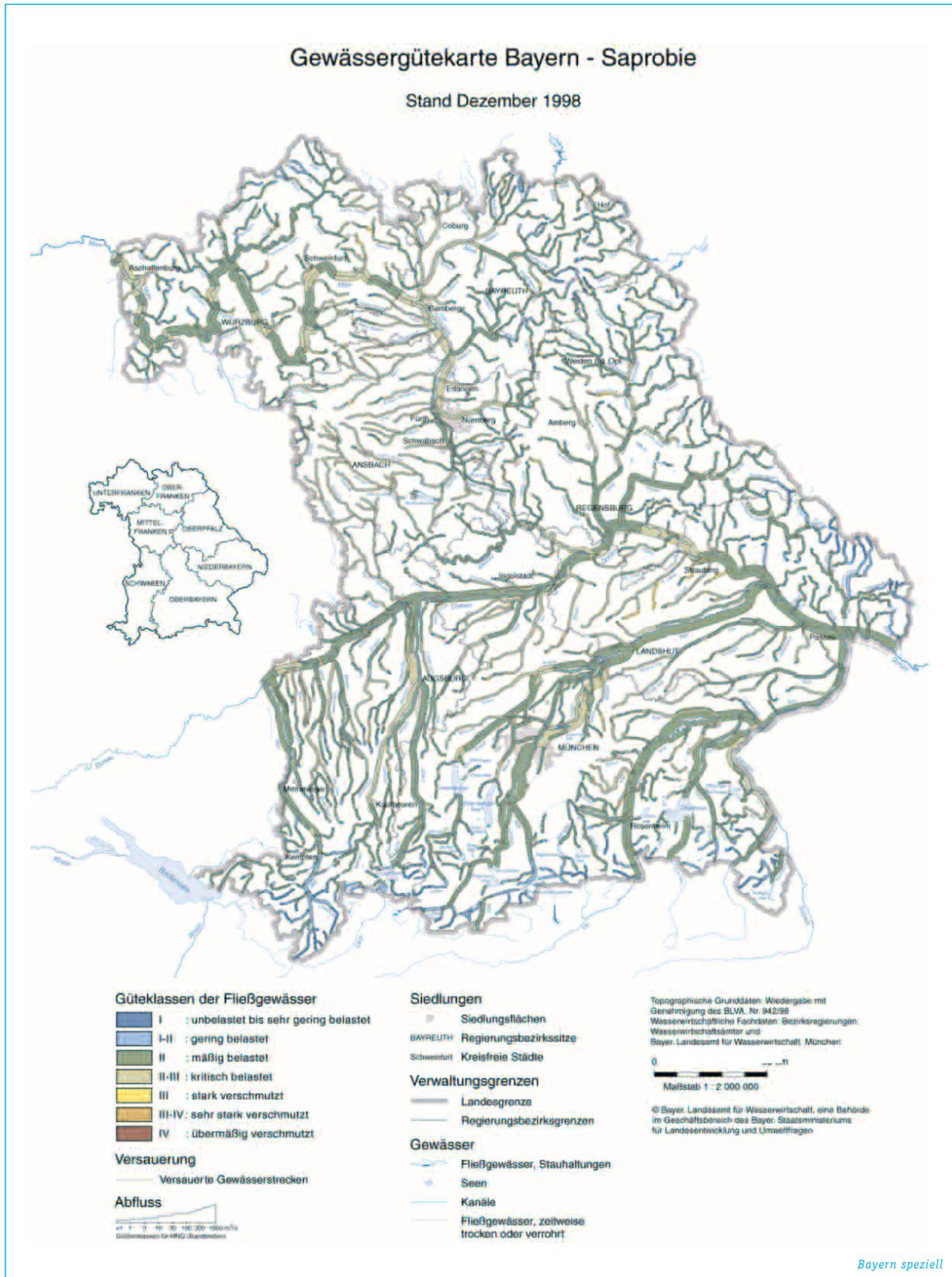
- 1 **Ergänzt** mit Hilfe eurer Beobachtungen die Darstellung des Versuchs.
- 2 **Vergleicht** die Beobachtungen mit denen aus dem ersten Teilversuch und sucht **Erklärungen für Unterschiede**.
- 3 **Übertrag**t eure Beobachtungen auf die Verhältnisse in einem See.

# Der Verlauf der Selbstreinigung und die Gewässergüteklassen

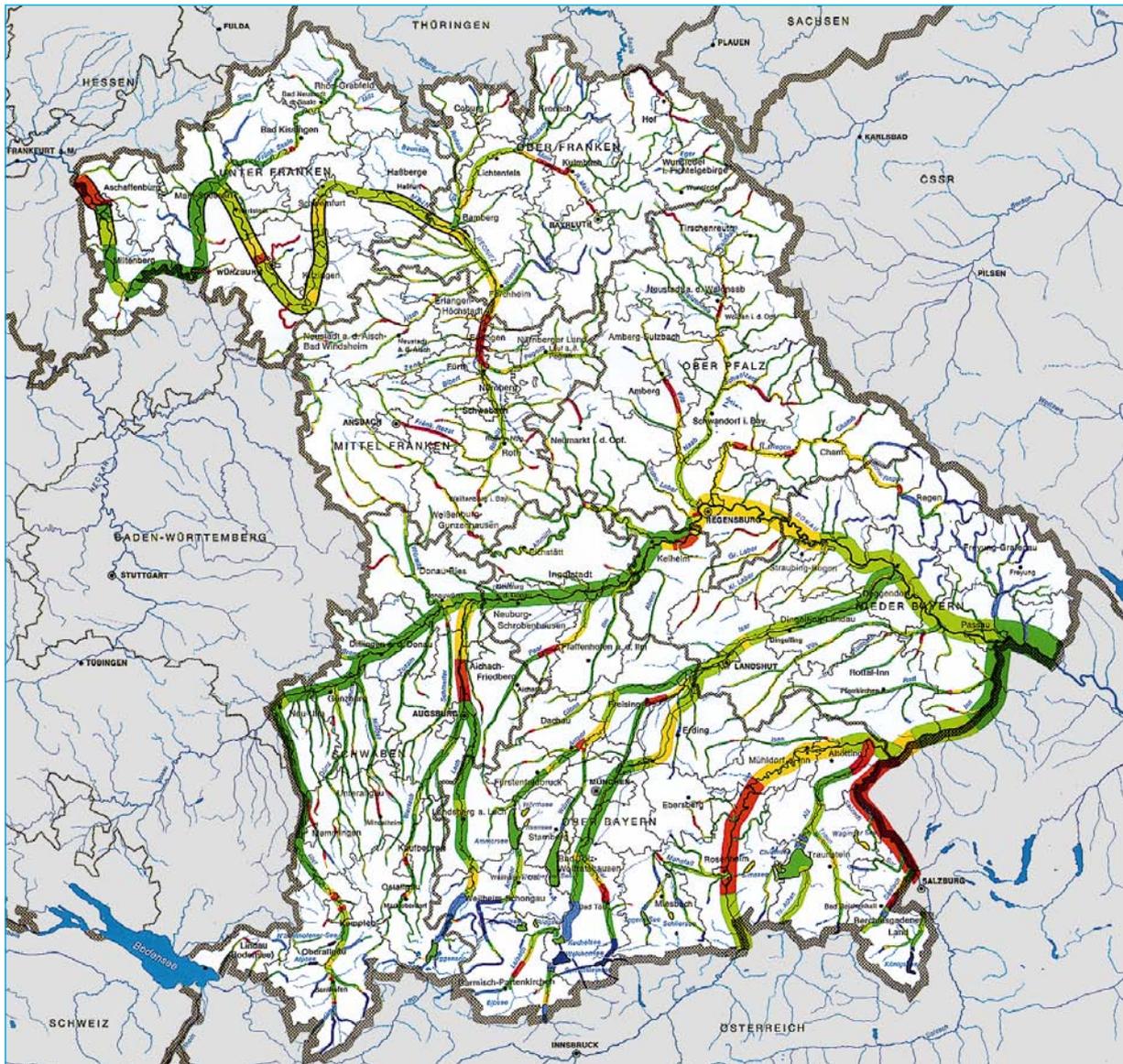


E

# Gewässergütekarte Bayerns 1998



# Gewässergütekarte Bayerns 1973



### Gewässergüte der Fließgewässer

- Güteklasse I: unbelastet**  
Hierzu zählt man Gewässerabschnitte mit reinem, sauerstoffreichem und nährstoffarmem Wasser, das nur einen geringen Gehalt an Bakterien aufweist. Die Biodiversität wird durch zahlreiche Arten besonders Insektenlarven charakterisiert, die z. B. Forellen als Nahrung dienen.
- Güteklasse I–II: gering belastet**
- Güteklasse II: mäßig belastet**  
Das sind Gewässerstrrecken mit noch beträchtlichem Sauerstoffgehalt und mäßiger Verunreinigung. Sie sind durch das Vorkommen zahlreicher Organismenarten wie z. B. Algen, Schnecken, Kleinkrebse, Insektenlarven und Fische gekennzeichnet, die oft in großer Häufigkeit auftreten.
- Güteklasse II–III: kritisch belastet**
- Güteklasse III: stark verschmutzt**  
Hierzu zählen Gewässer mit stark organischer Verschmutzung und meist niedrigem Sauerstoffgehalt. Mikroorganismen (Bakterien) überwiegen und nur einzelne Makroorganismen (Wassersasseln, Egel) kommen noch in größerer Zahl vor. Mit Fischsterben ist zu rechnen.
- Güteklasse III–IV: sehr stark verschmutzt**
- Güteklasse IV: übermäßig verschmutzt**  
In diesen Gewässerabschnitten überwiegen Sauerstoffmangel und Fäulnisprozesse. Bakterien («Abwasserpilze») zeigen Massenentwicklung und Organismen mit hohem Sauerstoffbedarf fehlen völlig.
- Gestaute, sommerwarme Flußstrecken mit intensivem Abbau oder starker Eutrophierungstendenz und teilweise erheblichen Störungen im Sauerstoffhaushalt.**

### Abflußmaßstab für MNQ



### Trophiestufe der Seen

- Oligotrophe Seen**  
Klare, nährstoffarme Seen mit geringer Planktonproduktion, die am Ende der Stagnationsperiode noch mit über 70% Sauerstoff gesättigt sind.
- Mesotrophe Seen**  
Seen mit geringem Nährstoffangebot, mäßiger Planktonproduktion und Sichttiefen von über 2 m, die im Tiefenwasser am Ende der Stagnationsperiode zu 30 bis 70% mit Sauerstoff gesättigt sind.
- Eutrophe Seen**  
Nährstoffreiche, im Tiefenwasser am Ende der Stagnationsperiode sauerstoffarme (0–30% Sättigung), im Oberflächenwasser mit Sauerstoff übersättigte Seen mit Sichttiefen von meist unter 2 m und hoher Planktonproduktion.
- Polytrophe Seen**  
Seen mit sehr hohem, stets frei verfügbarem Nährstoffangebot; Tiefenwasser schon im Sommer sauerstofffrei mit zeitweiser Schwefelwasserstoffentwicklung; Oberflächenwasser stark mit Sauerstoff übersättigt; Sichttiefe sehr gering; Massenentwicklung von Phytoplankton.

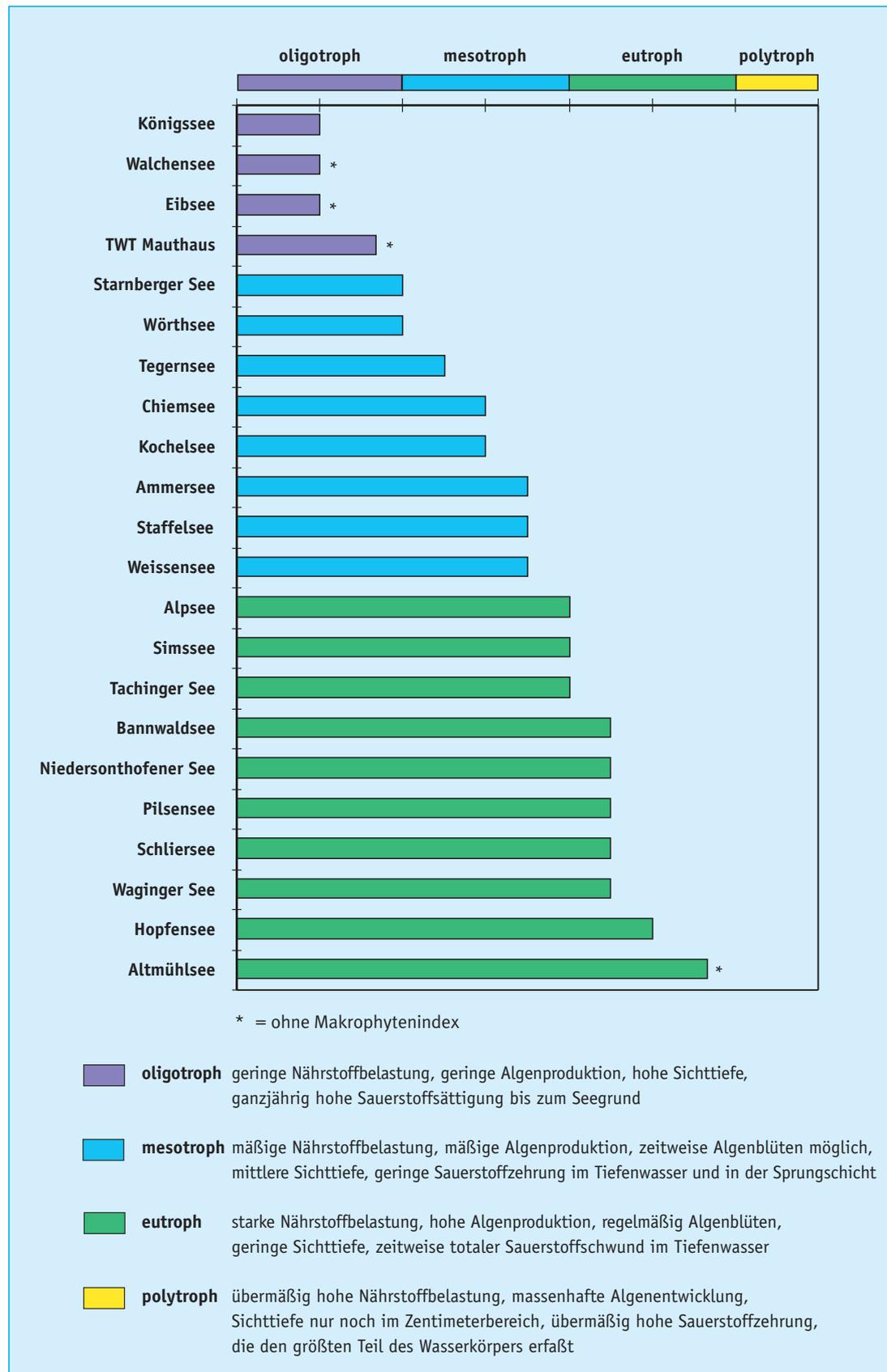
Herzgeber: Oberste Baubehörde im Bayer. Staatsministerium des Innern

Bayern speziell

E

# Bewertung der großen bayerischen Seen in einer Ergebnisübersicht

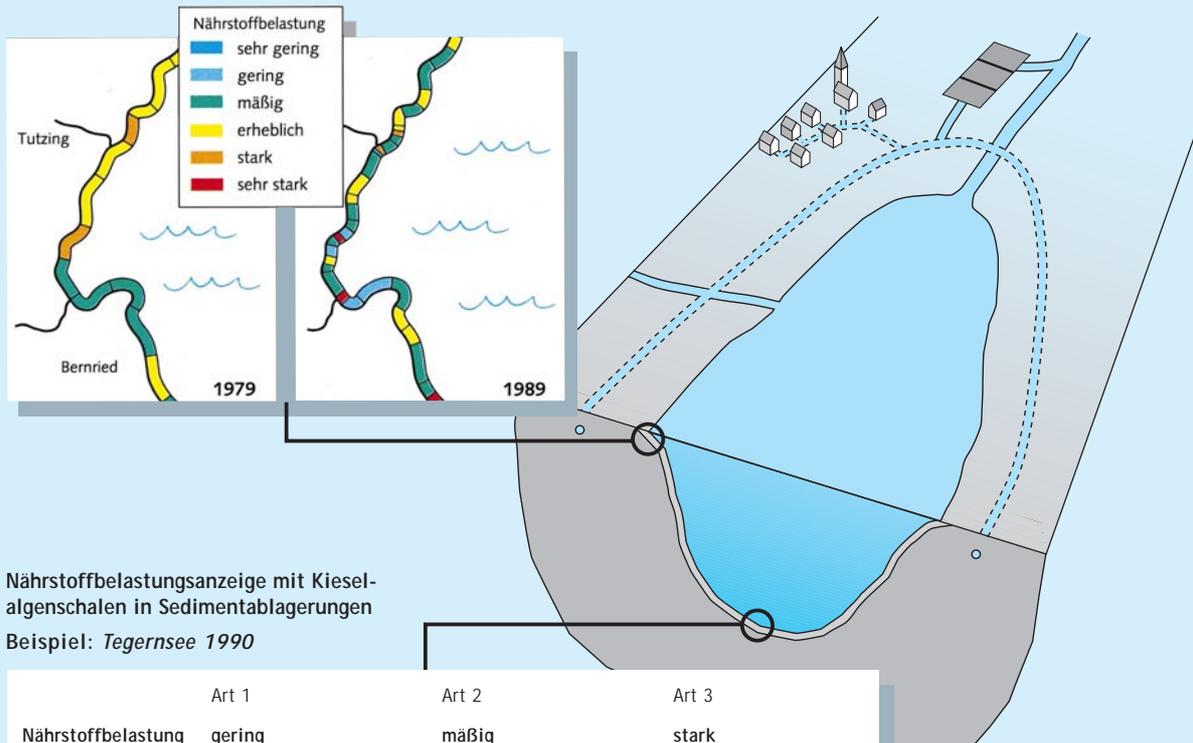
(Datengrundlage: Bayerische Wasserwirtschaftsverwaltung)



# Die Bewertung von Seen nach zusätzlichen Kriterien

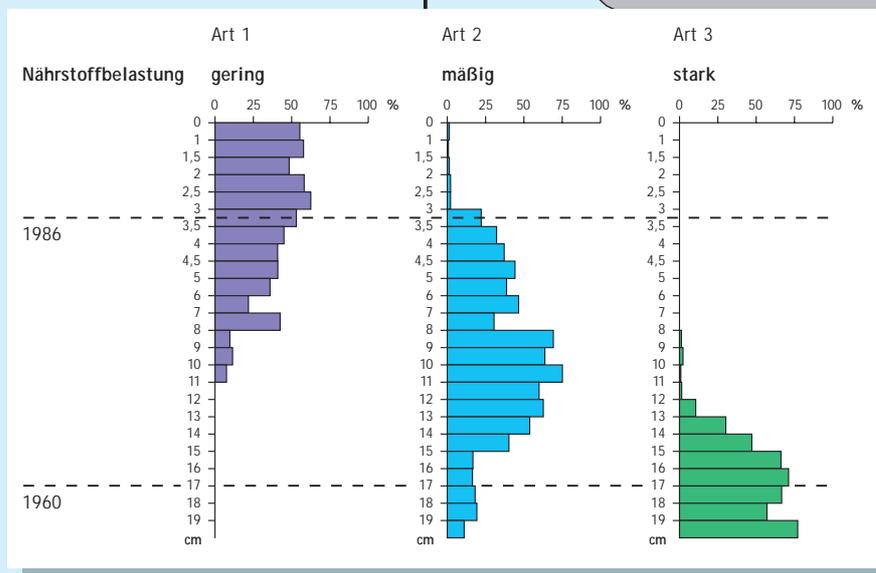
Nährstoffbelastungsanzeige mit Wasserpflanzen im Uferbereich

Beispiel: *Starnberger See*

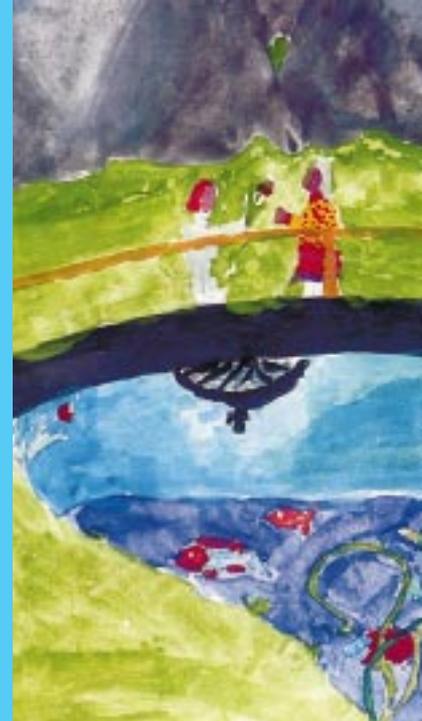


Nährstoffbelastungsanzeige mit Kieselalgenschalen in Sedimentablagerungen

Beispiel: *Tegernsee 1990*



E



## *Sachinformationen*

1.1	Didaktische Grundlagen	164
1.1.1	Grundmuster eines Projektablaufs	165
1.1.2	Fixpunkte und Reflexionsphasen	167
1.2	Planungsbeispiele für Wasserprojekte	168
1.2.1	Schulprojekt – Wasserparcours	168
1.2.2	GREEN-Camp	169
1.2.3	Schullandheimaufenthalt mit dem Schwerpunkt „Projekt Kleingewässer“	171
1.3	Literatur	173

## **Anregungen für die Projektarbeit**

**F**



## 1 Sachinformationen

### 1.1 Didaktische Grundlagen<sup>1</sup>

Die Beschäftigung mit Gewässern ist ein fester Bestandteil des Unterrichts, z. B. in den Fächern Biologie und Erdkunde. Dabei werden immer auch Zielsetzungen der Umwelterziehung verwirklicht. Projektorientierter Unterricht dient der Verwirklichung dieser Zielsetzung in idealer Weise. Dies kommt auch in den Richtlinien für die Umwelterziehung an den bayerischen Schulen zum Ausdruck: „Wenn Schüler persönliche Erfahrungen und Fähigkeiten in eigenes umweltbezogenes Handeln umsetzen und als sinnvoll erleben können, so erleichtert ihnen dies ein Verständnis komplexer Zusammenhänge und fördert auch ihre Bereitschaft, über die Bedingungen vorgefundener Verhältnisse und über die Möglichkeiten zu deren Verbesserung nachzudenken.“<sup>2</sup>

Projektarbeit im Unterricht ist neben anderen Unterrichtsgrundformen wie „Unterricht in Gestalt relativ eigenständiger fachlicher oder fächerübergreifender Themen“, „Trainingsunterricht“ und „Lehrgang“ eine eigenständige Unterrichtsform<sup>3</sup>; projektorientierter Unterricht ist in besonderer Weise geeignet, die emotionalen, kognitiven und aktionalen Ziel-

bereiche der Umwelterziehung zu realisieren. Die Aspekte projektorientierten Lernens sind in **Abb. F1** dargestellt. Teamfähigkeit, differenzierte Techniken der Informationsgewinnung und -auswertung, Mitbestimmung der Schüler bei der Auswahl und Bearbeitung des Themas werden nicht von heute auf morgen gelernt. Deshalb erscheint eine Hierarchie der Projektvorformen sinnvoll, denn gerade die ersten hinführenden Aktivitäten müssen besonders gut vorbereitet und durchdacht sein, das Projektziel muss in akzeptablen zeitlichen Grenzen erreichbar sein. Auch ist es am Anfang sicherlich sinnvoll, wenn das Projektergebnis identisch ist mit einem vorzeigbaren Lernprodukt.

Projektarbeit ist weitgehend nur mit selbstständig tätigen Mitarbeitern umzusetzen. Die Schüler müssen daher behutsam an die neuen Freiheiten herangeführt werden und sich an zurückgehende Lehrerdominanz gewöhnen, ohne in einen haltlosen unorganisierten Raum ohne Arbeitsformen und Motivation zu fallen. Die Übergänge (Vorformen) zur Projektarbeit sind fließend und dürfen im Anspruchsniveau keinesfalls frühzeitig überfordern! Auch das Verlassen eines fachbezogenen Rahmens hin zum fächerübergreifenden Arbeiten und das Hinzuziehen anderer Fachlehrer verlangt be-

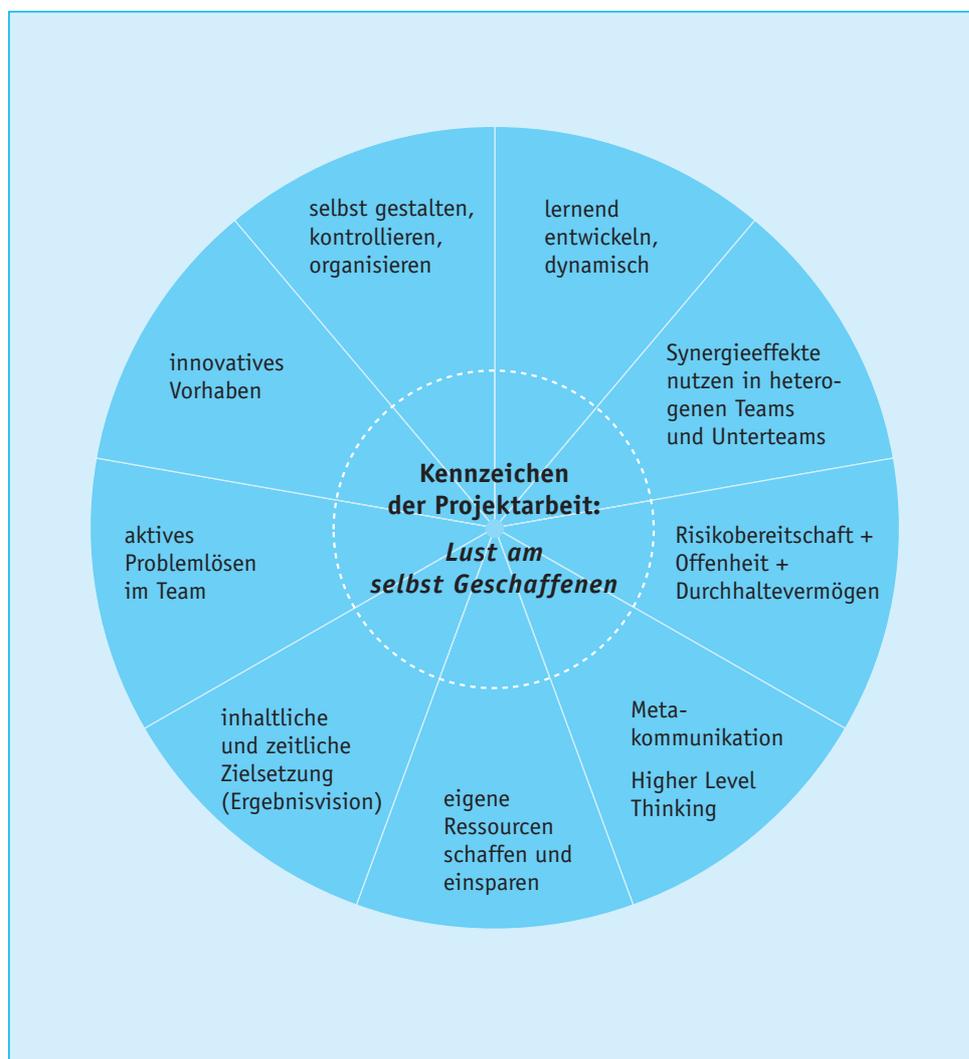


Abb. F1

Aspekte projekt-orientierten Lernens

hutsames Vorgehen, Absprachen und Abstimmung. Der Lehrer übernimmt nach einer Hinführungsphase im Idealfall nur noch die Rolle des zurückhaltenden Moderators – selbst die Problemstellung und die Fokussierung des Ziels kann direkt aus der Klassengemeinschaft kommen und in aktives, eigenverantwortliches Handeln münden.

### 1.1.1 Grundmuster eines Projektablaufs

Der nachfolgend dargestellte Projektablauf geht im Ansatz auf *Karl Frey* zurück und darf nicht als starres Schema verstanden werden, das es zu durchlaufen gilt. Seine Bedeutung liegt vielmehr darin, dass es die Hauptaktivitäten im Projektverlauf aufzeigt. Es ist eine Hilfe, an der man sich orientieren kann. Die

Projektmethode kann nur allmählich eingeübt werden. Dabei fängt man mit einigen Komponenten an, während der übrige Unterricht in anderen Formen gestaltet wird.

#### a) Projektinitiative

„Ein Projekt beginnt, indem jemand eine Idee, eine Anregung, eine Aufgabe, eine besondere Stimmung, ein Problem, ein bemerkenswertes Erlebnis, einen Betätigungswunsch oder einen Gegenstand in eine Gruppe einbringt.“<sup>4</sup>

Entscheidend ist also nicht, von wem die Projektinitiative ausgeht. Sie sollte nur auf Dauer nicht immer von der Lehrkraft kommen. Entscheidend ist vielmehr die offene Ausgangssituation, d. h., dass trotz Projektinitiative die Projektdurchführung noch keine ausgemachte Sache ist. Die Frage ist also: Wie stellt man eine offene Ausgangssituation her? *Karl Frey* nennt u. a. folgende Möglichkeiten:

A

B

C

D

E

F

G

A

- *stimulierende Hinweise*: Die Lehrkraft erzählt, was getan werden könnte.
- *Brainstorming* im Sinne einer offenen Rahmenfrage: Die Lehrkraft nennt das Rahmenthema und fragt die Schüler, was dabei im Rahmen des Themas getan werden könnte. Während dieser Phase sollte noch keine Kritik geübt werden („Killerphrasen“). Erst nach Abschluss werden Ideen gewichtet und zusammengefasst.
- *sukzessive Entwicklung*: Das bedeutet, dass das Thema zunächst in herkömmlicher Form bearbeitet wird, dass erst später Fragen, Probleme, Betätigungswünsche wach werden und so die Projektinitiative entwickelt wird.
- *Mindmapping*: An der Tafel oder auf einem Blatt werden, ausgehend von einem zentralen Problem oder einer Idee, logisch zuordenbare Unterprobleme gesucht und wie ein verästelter Lebensbaum/Beziehungsnetz dargestellt. Daraus kann später auch ein Strukturplan des Projekts entstehen.
- *Synektik*: In freier Assoziation werden Metaphern, Ideen und Lösungsansätze aus völlig anderen Problemstellungen, Vorhaben, Methodenangeboten gefunden, ohne das eigentliche Vorhaben zu berühren. Die hier gefundenen Ideen und Strategien werden in einer weiteren Stufe auf ihre Tauglichkeit/Analogien für das eigentliche Problem/Vorhaben überprüft und umgearbeitet. Breite Erfahrungshorizonte in heterogenen Gruppen werden so leichter mobilisiert. Dieses Verfahren ist für ältere Schüler geeignet, die über mehr Erfahrung verfügen.

B

C

D

E

F

#### b) Auseinandersetzung mit der Projektinitiative

Diese Komponente der Projektmethode enthält drei Elemente:

- Die Teilnehmer stecken sich einen zeitlichen Rahmen für die „Auseinandersetzung“ und legen die „Spielregeln“ fest.
- Die Teilnehmer stecken den inhaltlichen Rahmen ab, bringen individuelle Bedürfnisse und Betätigungswünsche ein.
- Die Teilnehmer stecken den finanziellen Rahmen ab. Möglichkeiten zur Sponsorensuche sowie Eigen- und Fremdleistung werden abgeschätzt.

G

Ziel dieser Auseinandersetzung ist es, eine erste Projektskizze zu formulieren. Zwei strategische Methoden aus der Wirtschaft helfen im Vorfeld Schwierigkeiten, die sonst im Verlauf der Projektarbeit das Aus bedeuten könnten, zu vermeiden:

- *Stakeholderanalyse*: Auflistung aller vom Projekt betroffenen Gruppen, Individuen, Institutionen. Die Interessenslagen aller Beteiligten werden aufgenommen und analysiert. Daraus werden Handlungsstrategien im Umgang mit den Betroffenen entwickelt. Besonders bewährt hat sich die Maßnahme der frühen Beteiligung bzw. mitplanenden Einbeziehung möglicher Konfliktpartner. Sie werden so zu Teilhabern.<sup>5</sup>
- *Kraftfeldanalyse*: polarisierende Betrachtung.
  - a) Wer außer der Initiatorengruppe kann noch helfen, das Projekt umzusetzen (Hausmeister, Elterngruppen, Sponsoren, Fachbehörden etc.)?
  - b) Welche Einflüsse können dienlich sein (Feiern, Veranstaltungen, Wetter oder Jahreszeit, Wahlen etc.), wenn sie parallel zum Projekt laufen?
  - c) Wer wird entgegengesetzte Interessen haben? Welche Einflüsse oder Faktoren beeinträchtigen möglicherweise das Projekt?

#### c) Gemeinsame Entwicklung des Projektplans

Hier äußern die Teilnehmer, was sie im Einzelnen tun wollen. Dabei ist die Hilfestellung der Lehrkraft angebracht und gefragt. Die Lehrkraft sollte sich im Hinblick auf den weiteren Verlauf des Projekts auch einen Überblick verschaffen, etwa nach folgendem Schema: Wer macht was wann und wie lange, wo, mit wem zusammen und benötigt dabei welches Material? Projekte kommen nicht ohne eine Projektleitung aus. In der Schule bietet sich diese Aufgabe an für die verantwortliche Lehrkraft (Primus inter Pares), die allerdings auch hier ein Führungsteam mit verteilten Kompetenzen (z. B. terminliche Koordination, Kontrollaufgaben, Moderation, Vorbereiten von Metakommunikation) aufstellen kann.

Dieser Projektstrukturplan regelt von vorneherein genau die Verantwortlichkeiten und bringt Übersicht für alle Beteiligten. Die Mitbestimmung und Mitverantwortung der Schüler, die hier angesprochen werden, sind wesentliche Kennzeichen jedes projektorientierten Unterrichts.

#### d) Projektdurchführung

Diese Komponente ist wohl die einfachste. Jede Sozialform des Unterrichts sollte hier möglich sein. Die Schüler können sich zwischen mehr körperlichen oder mehr geistigen Tätigkeiten entscheiden. In einer größeren Arbeitsgruppe wie z. B. einer Klassengemeinschaft sollten Unterteams mit höchstens sechs bis sieben Personen gebildet werden, um kommunikative Reibungsverluste zu minimieren. Diese Unterteams erreichen oft erstaunliche Synergieeffekte beispielsweise durch das Vorhandensein komplementärer Begabungsreserven.

#### e) Abschluss eines Projekts

Ein Projekt zum Thema Fließgewässer wäre unvollständig, wenn nicht eine abschließende Zusammenfassung und Bewertung erfolgte. In diesem Zusammenhang sollen auch der Handlungsbedarf sowie die Handlungsmöglichkeiten des einzelnen Bürgers (auch des Schülers), der Kommunen und Verbände sowie des Staates festgestellt und bewertet werden. Ein solcher Abschluss hilft auch, wichtige Zielsetzungen der politischen Bildung in der Schule zu verwirklichen. Eine Abrundung der Arbeit erfolgt durch eine optisch und inhaltlich ansprechende Präsentation der Arbeitsergebnisse. Ausstellungen, Artikel in der Tageszeitung, Videofilme und Fotodokumentationen sichern die Arbeitsergebnisse nachhaltig und bringen eine Art Belohnung und Anerkennung für die Mühe. Zudem macht dies die Arbeit öffentlich, wodurch eine Schule oder Klasse auch Imagepflege betreiben kann. Bei Langzeitprojekten hilft eine Präsentation als Zwischenbilanz die Sache am Leben zu erhalten und schafft wichtige Motivationsreserven für Anschlussarbeiten.

### 1.1.2 Fixpunkte und Reflexionsphasen

Fixpunkte sind „organisatorische Schaltstellen“ des Projekts, bei denen die Aktivitäten unterbrochen werden. Hier kann es um folgende Aspekte gehen:

- gegenseitige Information über die letzten Tätigkeiten,
- Vorausplanung der nächsten Tätigkeiten,
- Feststellung des Standes der Arbeit angesichts des Gesamtvorhabens.

Fixpunkte sollten in einem bestimmten Rhythmus eingeschaltet werden. Bei einer Projektarbeit im Schullandheim eignen sich z. B. Tagesbeginn und -abschluss besonders gut.

Zu einer gelungenen Projektarbeit gehören auch Reflexionsphasen, sog. Metainteraktionen. Darunter versteht man die Reflexion über das Geschehen im Projekt, über das (bisherige) Lernprodukt und über den (bisherigen) Lernprozess. Dabei geht es – nach *Frey* – vor allem um folgende Aspekte, die in erster Linie pädagogischer Art sind:

- Die Teilnehmer überlegen sich, ob eine Teilaktivität weiter vertieft wird.
- Die Teilnehmer prüfen, ob und inwieweit die Kommunikation untereinander klappt.

Die Teilnehmer gehen dabei auch auf Beziehungsprobleme innerhalb und zwischen einzelnen Arbeitsgruppen ein. Beziehungsprobleme werden bei der Projektmethode nicht als störende Randerscheinungen abgetan. Auf diese Weise sollen die Schüler auch zu *Teamfähigkeit* erzogen werden.

A

B

C

D

E

F

G

A

## 1.2 Planungsbeispiele für Wasserprojekte

Wichtig ist es, das Wasser möglichst ganzheitlich zu erfahren, das heißt mit allen Sinnen und nicht nur ökonomisch als „Lebensmittel mit Preissteigerungsrate“, das bestimmte physikalische und chemische Eigenschaften besitzt und Geschmacks- oder Geruchskriterien erfüllen soll. Neben prägenden Bedingungen für Lebensräume, Nahrungsnetze und Stoffkreisläufe besitzt Wasser auch Freizeit- und Erholungsqualitäten sowie Anknüpfungen an musische und spielerische Elemente, die den Schülern gleichermaßen zugänglich gemacht werden sollten.

Im Sinne der Agenda 21 besteht zusätzlich und vordringlich Aufklärungsbedarf über die globale Bedeutung der Süßwasservorräte angesichts steigenden Wasserbedarfs und vorausschauende, nachhaltige Bewirtschaftung der Ressource.

An vielen staatlichen Schulämtern Bayerns wurden im Laufe des Schuljahres 1998/99 Stellen für Fachberater für Umwelterziehung geschaffen. Diese Personen verfügen über praktische Erfahrungen und stoffliche Hilfen und können von den Schulen zur Unterstützung und Beratung oder Vermittlung von Ansprechpartnern aus Fachbehörden angefragt werden. Vielfach dürfte dort das Interesse zu finden sein, die Projektarbeit im Umweltbereich fachlich zu begleiten.

Über allem Umgang mit vorwissenschaftlichen Experimenten und spielerischen Erfahrungen sollte das Bewusstsein stehen, dass man es mit einem schützenswerten Lebensraum zu tun hat, in dem das Existenzrecht jedes einzelnen Lebewesens gewahrt bleiben sollte. Mutwillige Zerstörung von Pflanzen oder die Gefährdung selbst kleinster Lebewesen widerspricht dem Schöpfungsgedanken. Die folgenden **Regeln** sollten daher jederzeit eingehalten werden:

- **Wir verhalten uns unauffällig und naturangepasst.**
- **Wir hinterlassen keine Spuren und bewegen uns außerhalb von Wegen nur wenn nötig.**
- **Wir bringen entnommene Lebewesen unversehrt an den Fundort zurück.**



Wichtig für die eigene Erfahrung oder Anschlussvorhaben ist die projektbegleitende Beobachtung durch den Lehrer. Er sollte sich möglichst Freiräume schaffen und die Selbsttätigkeit der Schüler in Anspruch nehmen. In der Arbeitszeit ist er dann frei für unvorhergesehene Probleme und vor allem für die Beobachtung des Projektablaufs. Er notiert sich Beobachtungen und Besonderheiten oder offene Fragen für die Metakommunikation am Abend und für den Erfahrungsaustausch unter Kollegen nach Abschluss des Projekts.

### 1.2.1 Schulprojekt Wasserparcours

In Fächern wie Deutsch oder Kunsterziehung lassen sich viele Aktivitäten auch in anderen Klassenstufen mit Lerninhalten aus dem Lebensbereich Wasser füllen, ohne den Lehrplan zu vernachlässigen. Neben der streng lehrplanbezogenen Möglichkeit in einer Jahrgangsstufe wäre es auch denkbar, ein klassenübergreifendes Schulprojekt zu planen, bei dem einzelne Klassen und Jahrgänge arbeitsteilig Stationen vorbereiten und an einem oder zwei Schultagen in einem **Wasserparcours** vorstellen, den die Partnerklassen durchlaufen können. Gleichzeitig spricht dieses Angebot auch die Elternschaft an und mobilisiert eine interessierte Öffentlichkeit. Die Schule sucht dabei bewusst Öffentlichkeit und führt die Schüler so in das gemeindliche und politische Umfeld ein. Als Anreiz könnte das Projekt Wettbewerbscharakter besitzen und gute Arbeitsergebnisse prämiieren.

In Absprache mit der Gemeinde und dem Wasserversorgungsunternehmen könnten verschiedene Stationen mit Grundinformationen in der Schule, an Quellgebieten, am Wasserwerk, an Bachabschnitten usw. liegen und somit durch das Ansteuern verschiedener Lokalitäten eine interessante Kombination von Bewegung, Erkenntnis, Spaß und Spiel sein und auch die Bevölkerung an einem Wochenende ansprechen. Beispielhaft erarbeitet die Schule dabei ein Konzept zum Wassersparen und leistet Agenda-Arbeit für die Gemeinde.

B

C

D

E

F

G

**Anregungen zu vorbereitenden Arbeiten:  
Wasserspar- und -schutzzwoche –  
ein Agenda 21-Beitrag (Klassenaufträge,  
arbeitsteilig, fächerübergreifend)**

- Suche im Internet und bei Agenda-Agenturen nach Projekt-Beispielen (z. B. über <http://www.agenda-transfer.de/>)
- Befragungen der häuslichen Gewohnheiten im Wasserverbrauch
- Wasser sparen in der Schule, anregende Plakate und Hausordnungen
- Ideenwettbewerb: „Wenn du Wasser trinkst, denk auch an die Quelle.“ (afrikanische Weisheit)
- Trinkwasserversorgung unserer Gemeinde, Nachhaltigkeit, Verbrauchseigenheiten, Versorgungssicherheit
- Wasser in der Dritten Welt, globaler Wasserhaushalt
- Wasserversorgung früher und heute: Woher bekamen unsere Urgroßeltern ihr Wasser? Was sagt das Gemeindearchiv?
- Regenwasserspeicher, Exkursion zu einem Gartenbaubetrieb
- Einrichtungen der Gemeinde: Exkursion zur Kläranlage und zu gemeindeeigenen Quellen
- Theaterstück, Sketche zum Wassersparen von der Schulspiel-AG
- Aktion Sauberer Landkreis: Säuberung der Bachufer in der Gemeinde (vorab mit Unterhaltungspflichtigem abstimmen, bei der Gemeinde nachfragen)
- Kartierung von Quellen, Bächen ...
- Befragung von Großverbrauchern, großen Einleitern nach umweltgerechten Maßnahmen
- Basteln von Entnahme- und Probeergeräten
- Gemeinsame Ausstellung der Arbeitsergebnisse in der Schule, im Rathaus, Landratsamt oder Wasserwirtschaftsamt

**Gestaltungsbeispiel:**

**Station 1 (Schule)**

Einführungs- und Eröffnungsveranstaltung mit Vorstellung eines Sketches der Theater-AG, Agenda 21, Schautafeln mit Materialien und Informationen zum globalen, kontinentalen und lokalen Wasserverbrauch, Umfrageergebnis zum Verbrauch in den Schülerhaushalten, Empfang der Streckenbeschreibung und Arbeitsaufträge für den Wasserparcours, Vorstellung aller offenen Gewässer in der Gemarkung, Bewässerungs- und Versorgungssysteme

**Station 2**

Wasserwerk der Gemeinde: Aufbereitung, Qualitätskontrolle, Kapazität, Zulieferung

**Station 3**

Vorstellung eines Regenwasserspeichers z. B. einer Gärtnerei, eines Privathaushalts: Kosten-Nutzen-Berechnung, Technik

**Station 4**

Quellfassung in der Gemeinde, Wasserschutzgebiet, Biotopcharakter

**Station 5**

Abwassersituation, Einleitung, Hochwasserprobleme, Renaturierung und Geländeanpassung (Rückhalte- und Überschwemmungszonen)

**Station 6 (Schule)**

Auswertung der Fragebögen, Schlussveranstaltung mit Sketch und Preisverleihung

Klassenbezogene Arbeiten entlang des Parcours mit vertiefenden Einblicken im Rahmen des Unterrichts folgen.

Das Schulforum prüft Anschlussprojekte wie Ausbau des Schulhofs mit naturnahen Zonen unter Verwendung von Regenwasserspeichern, Einbau von Wassertanks in die alten Öltanks der Schule zur Toilettenspülung und Einspeisung des Dachwassers, Übernahme einer Bachpatenschaft durch die Schule.

**1.2.2 GREEN-Camp**

Die Verbindung gruppenspezifischer und pädagogischer Prozesse mit stofflichen Ansätzen gelingt oft leichter, wenn man sie aus dem routinierten Schulalltag herauslösen kann.

Neben der Möglichkeit eines Schullandheimaufenthaltes mit dem pädagogischen Schwerpunkt Wasser bietet sich auch ein so genanntes GREEN-Camp an, das man auch als Zeltlager mit einem Wasser-Workshop bezeichnen könnte. Im Sinne eines sanften Tourismus bietet sich die An- und Abreise mit dem eigenen Fahrrad an, das man dann auch noch für Exkursionen und Transporte während des Campaufenthaltes zur Verfügung hat.

Die Schüler erfahren in einem fächerübergreifenden, ganzheitlichen Vorgehen neben chemischen und biologischen Methoden auch

A

B

C

D

E

F

G

A

geographische, klimatische und historische Aspekte eines Heimatgewässers. Sie erleben hautnah die Dynamik des Gewässers und werden mit aktiven Eigenerfahrungen über mehrere Tagesabläufe hinweg direkt in den Lebensraum integriert.

B

Neben der Vermittlung des Ökosystems Fließgewässer können Schwerpunkte gesetzt werden in der Artenkenntnis oder Analyse-möglichkeiten mit Hilfe von Bioindikatoren. Die Möglichkeit der Selbstreinigung kann vorgestellt werden sowie Belastungsfaktoren vom Kleingarten bis zur Viehhaltung. Daneben erhöhen sportliche und konstruktive Maßnahmen den Anreiz und die Akzeptanz: Bau einer einfachen Brücke oder Seilfähre, Hangeln über einen Bach, Steinhüpfen, Wettbewerbe zur Stromerzeugung mit Hilfe selbst gebauter wassergetriebener Generatoren, Wasser-schlacht, Schilfrohrschnorcheln, Schiffchen schwimmen lassen, Wasserräder... Hier wird nach Alter, Schulart und Neigung differenziert ausgewählt werden müssen.

C

Die globale Agenda-Bedeutung eines Wasser-Projektes kann verdeutlicht werden durch standardisierte Messverfahren und Definitionen, die von Amerika über Australien bis nach Europa Anwendung finden.

D

Mess- und Untersuchungsmethoden können sich an dem internationalen GREEN-Projekt orientieren. Themengebundener Erfahrungsaustausch über das Internet ist anregend, völkerverbindend und motiviert.

E

#### Zielsetzungen (Auswahl):

- Kennenlernen einzelner Lebensräume im und am Fließgewässer, Vernetzungen
- Veränderungen im Verlauf, jahreszeitlich bedingte Veränderungen
- Kartierungsübungen, Längs- und Quer-profile des Gewässers
- biologische und chemische Unter-suchungen
- physikalische Merkmale (z. B. Strömungs-verhalten)
- Wetter- und Jahreszeiteinflüsse auf den Verlauf des Fließgewässers
- Umgang mit Karten, speziell topo-graphischen Karten
- anthropogene Eingriffe und Einflüsse auf das Gewässer
- Aufnahme von Feldprotokollen
- Datenverarbeitung mit dem PC

G

#### Zusätzliche Lernziele

- in Deutsch: Protokollierung, Presseartikel, Präsentationstexte, Tagebuch, Briefe
- in Mathematik: Geometrie im Gelände
- Geschichte: Flussverlauf und Nutzung vor 100 Jahren (z. B. als Triftbach), frühere Umweltprobleme, Trink- und Abwasser-regelung vor 100 Jahren
- Sozialkunde: Zuständigkeit von Staat und Gemeinde für den Bachunterhalt, Beteili-gung von Fachbehörden, Interessenkollis-sionen der Nutzer des Gewässers
- in Englisch und Informatik: Vergleich mit Fachterminologie aus Internetquellen

#### Ablaufplan:

##### Vorbereitungsphase in der Schule

Problemstellung erarbeiten (vgl. Projektunter-richt), inhaltliche Recherchen, Briefverkehr zur Organisation, Arbeitsteilung, Elterninforma-tion, Behördenkontakte, Zeitrahmen und Ort festlegen, Materialien beschaffen, Sicherheits-belehrungen und -vorkehrungen.

##### Montag

Anreise (evtl. mit dem Fahrrad), Zeltaufbau, Rundgang zum Kennenlernen der Infrastruktur des Camps, der Messstellen und Wege; Vorbesprechung des folgenden Tagesablaufs. Wichtig: Ruhephasen einplanen!

##### Dienstag

- kartographische Arbeiten
- Probenahmen, Artenbestimmung, Feld-protokolle, Arbeitseinsätze
- chemische und physikalische Unter-suchungen
- Strömungs- und Abflussbestimmungen
- Bau einer Sauerstofftreppe
- Pflanzaktionen nach Absprache
- Ansetzen von Proben zur Bakterienbestim-mung (Sicherheitsbestimmungen beach-ten!)
- Selbstreinigungsstrecken nach Einleitungen absuchen
- Mikroskopieren im Camp, Fotodokumen-tation
- Freizeitanteil: Spaß am Wasser

F

**Mittwoch**

- Wechsel der Besetzung an den Arbeitsstationen, Ergebnisvergleiche
- freie Versuche, Ergebnissicherung und Zusammenschau
- Freizeitanteil: sportliche Aktivitäten und Geschicklichkeits-Wettbewerb

**Donnerstag**

- Säuberungsaktion am Bachufer
- Vorplanung für Stationen eines Wasser-Lernweges
- Abbau des Camps und Abreise mit dem Fahrrad

**Nachbereitung in der Schule:**

- Erarbeitung von Schaufeln und Tabellen
- Ergebnisse für eine Veröffentlichung (z. B. im Internet) vorbereiten
- Bericht an die Kommune
- Vergleich mit offiziellen Ergebnissen der Fachbehörden, ggf. Überprüfung, ob frühere Renaturierungsmaßnahmen oder Sanierungen die Ergebnisse verbessern konnten
- Datenbank für Langzeitbeobachtung anlegen

### 1.2.3 Schullandheimaufenthalt mit dem Schwerpunkt „Projekt Kleingewässer“

Schullandheime liegen in der Regel in einer Umgebung mit zahlreichen Naturangeboten und verfügen über Programmangebote und Ortskenntnisse, die die Vorarbeit des Lehrers und der Klasse vereinfachen. Da Schullandheime über eigene Klassenräume verfügen, können viele der Projektarbeiten auch dort stattfinden. In Kurzexkursionen gewonnene Wasserproben, Pflanzen und Mikrofauna lassen sich dort wetterunabhängig untersuchen und bestimmen. Mikroskope und Bestimmungshilfen stehen in gut geführten Häusern häufig zur Verfügung. Viele Forderungen des Lehrplans können im Schullandheim in konzentrierter Folge bearbeitet werden, ohne die üblichen Störungen des Tagesablaufs durch Stundenwechsel oder Bustransfer.

Selbst in den Nachmittags- und Abendstunden arbeiten Neigungsgruppen an Tagebuchnotizen, Exkursionsbeschreibungen, Datensicherung, künstlerischen Ausgestaltungen, Bastelarbeiten und vergessen die sonst

üblichen häuslichen Nebeneinflüsse wie Fernsehen. Ein Projekt, das sich in der Schule über mehrere Wochen hinziehen würde, lässt sich hier in eine Woche packen und in den Arbeitsabläufen und Zusammenhängen optimieren und konzentrieren. Ganzheitliche Erfahrungen des Lebensraumes Wasser können hier zusammenhängend einen bleibenden Eindruck hinterlassen. Wichtig sind neben lückenlosen Programmangeboten vom Frühstück bis zum Schlafengehen auch zeitlich fest eingeplante und bekannte Ruhe- und Spielphasen zur Selbstfindung und Entspannung. Die für viele Kinder ungewohnte körperliche Arbeit soll nicht zur Erschöpfung führen.

Daher ist es nötig vor dem Mittagessen kurze Reinigungs- und Entspannungsphasen – vor allem nach intensiven Freilandarbeiten – zu gewähren und nach dem Essen eine freigestaltete, aber Ruhe gebietende Zeit einzuplanen. Wer hier eine Stunde ruhen möchte, kann sich ins Zimmer legen oder auf der Wiese am Bach sonnen und lesen. Gegen Abend kann der intellektuellere Schüler Literaturstudien in der Schullandheimbibliothek betreiben, der körperlich noch nicht ausgelastete bevorzugt nach dem Abendessen ein Volleyballspiel oder Fußballspiel zum Austoben. Danach erfolgen aber unverzichtbar die tägliche Zusammenschau der Tagesergebnisse und Pläne oder Korrekturen für den nächsten Tag (Metakommunikation) sowie ein Tagesausklang in Neigungsgruppen oder gemeinsame Spiele. Mit diesen Organisationshinweisen werden Vandalismus und Langeweile ebenso von vorneherein verhindert wie eine rasche Überfütterung mit Wasseraktivitäten.

Wer gerne einen Tag verlängern möchte und nicht in großer Entfernung zum Heimatort ist, könnte auch den Samstag nutzen und eine öffentliche Zusammenschau der Arbeit für die Eltern in Form einer Ausstellung und kurzen Ortsbegehung anbieten. Ansonsten freuen sich die Eltern auch darüber, wenn sie an einem Elternabend einen Videofilm und die Ergebnisse ihrer Kinder zu sehen bekommen.

Im Internet kann man eine Übersicht der Jugendherbergen, Schullandheime und Jugendbildungsstätten finden (<http://www.stmukwk.bayern.de/jugend/herberg/index.html>) und erhält dort Auskunft über pädagogische Schwerpunkte, manchmal auch darüber, ob vor Ort eine pädagogische Fachkraft zur Unterstützung bereitgestellt werden kann. Ein Planungsvorschlag für einen einwöchigen Schullandheimaufenthalt findet sich in **Tab. F1**.

A

B

C

D

E

F

G

## Sachinformationen

Tab. F1

Wochenplan für einen Schullandheimaufenthalt

Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag
	<i>Frühstück</i>	<i>Frühstück</i>	<i>Frühstück</i>	<i>Frühstück</i>
Anreise und Organisatorisches <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zimmerbelegung</li> <li>• Hausführung</li> <li>• Hausordnung</li> <li>• Aushänge</li> <li>• Treffpunkte</li> <li>• Sicherheitsbelehrungen</li> </ul>	<b>CA7</b> Orientierungslauf am Fließgewässer <b>CA1</b> Bestimmung des Querprofils eines Baches  <b>CA2</b> Bestimmung von Strömung und Abfluss eines Fließgewässers  Präsentation und Besprechung der Ergebnisse	<b>DA4</b> Checkliste: Nutzungen am Fließgewässer <b>DA5</b> Auswirkungen der Nutzungen auf das Fließgewässer  Präsentation und Besprechung der Ergebnisse	<b>EA1</b> Gewässergütebestimmung mit Zeigerorganismen <b>EA4</b> Temperatur und Sauerstoffgehalt eines Gewässers <b>EA5</b> Chemische Untersuchung von Wasserproben eines Gewässers  Präsentation und Besprechung der Ergebnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Packen</li> <li>• Reinigung der Zimmer</li> <li>• Abreise</li> </ul>
<i>Mittags- und Ruhepause</i>	<i>Mittags- und Ruhepause</i>	<i>Mittags- und Ruhepause</i>	<i>Mittags- und Ruhepause</i>	
Kennenlernen der Arbeitsorte: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsräume/Labors</li> <li>• Sicherheitsbelehrung</li> <li>• Einteilung der Gruppen</li> </ul> Vorbereitung der Bestimmung des Wasserverbrauchs im Schullandheim für diese Woche ( <b>DA1</b> ) Vorbesprechung für die „Gemeinderatssitzung“ ( <b>FA3</b> ) Einteilung für Video-/Fotodokumentation	<b>CA3</b> Beschreibung eines Fließgewässers <b>CA4</b> Bestimmung von Strukturelementen eines Fließgewässers <b>FA1</b> Umfrage zur Gewässerqualität <b>FA2</b> Fragebogen für Bewohner am Gewässer zur Gewässerqualität  Präsentation und Besprechung der Ergebnisse ( <b>CA3, CA4</b> ) Wettbewerb Papierschiffchen	<b>DA7 – DA10</b> Erkundung einer Kläranlage am Fließgewässer  Präsentation und Besprechung der Ergebnisse	Auswertung der Umfrage ( <b>FA1, FA2</b> )  Diskussions-/Arbeitsforum mit örtlichen Vertretern der Wasserwirtschaft, des Fischereiverbandes ...  Auswertung der Bestimmung des Wasserverbrauchs im Schullandheim ( <b>DA1</b> )  Erarbeitung von Einsparmöglichkeiten	Erweiterung für zu Hause: <b>DA1</b> Bestimmung des Wasserverbrauchs in deiner Familie  <b>DA2</b> Datenblatt zur Bestimmung des Wasserverbrauchs in deiner Familie
<i>Abendessen</i>	<i>Abendessen</i>	<i>Abendessen</i>	<i>Abendessen</i>	
Papierschiffe für den folgenden Tag basteln	<b>CA6</b> Technische und literarische Beschreibung eines Fließgewässers im Vergleich	Vorbereitungen für die Abschlussparty  Nachtwanderung am Fließgewässer	<b>FA3</b> Planspiel Gemeinderatssitzung  Abschlussparty	

### 1.3 Literatur

Trilogie *100 Ideen zum Thema Umweltschutz*  
1. Teil *Wasser*, Werkbrief für die Landjugend  
Nr. 64, 1987 Kath. Landjugendbewegung  
Deutschlands, Bad Honnef-Rhöndorf

*Sauberes Wasser aus eigenen Quellen*  
IKT Interessengemeinschaft Kommunale  
Trinkwasserversorgung in Bayern,  
Margethshöchheim 1990

Schwab, H.: *Süßwassertiere – ein ökolo-  
gisches Bestimmungsbuch*, Klett 1995

Wittmann, J.: *Physik in Wald und Flur*,  
Aulis Verlag Deubner, Köln 1998

Klee, O.: *Wasseruntersuchungen*,  
Q&M Heidelberg, 1993

Streble, H. und Krauter, D.: *Das Leben im  
Wassertropfen*, Kosmos, Stuttgart 1988

terre des hommes: *Wasser heißt leben*,  
Unterrichtsbogen Nr. 6, Osnabrück

VDG Vereinigung Deutscher Gewässerschutz:  
*Biologische und chemische Gütebestim-  
mung von Fließgewässern*, Bd. 53, 1987

*Lernen am Wasser*, Bayer. Akademie  
für Schullandheimpädagogik, Burgthann-  
Mimberg 1991

*Lebensraum Wasser*, Bayer. Akademie  
für Schullandheimpädagogik, Burgthann-  
Mimberg 1992

Kneip, W. und Stascheit, W.: *Wasser erkunden  
und erfahren*, Verlag an der Ruhr 1990

Niemeyer-Lüllwitz, A. und Zucchi, H.:  
*Fließgewässerkunde*, Sauerländer Verlag,  
Frankfurt 1985

Mönte, B.: *Ohne Wasser läuft nichts*, Mann,  
Berlin 1988

Greissenegger u. a.: *Umweltspürnasen-  
Aktivbuch Wasser*, Osac, Wien 1985

Klippert, H.: *Teamentwicklung im Klassen-  
raum*, Beltz, Neuauflage 1999

Phillipp, E. und Rolff, H.-G.: *Schulprogramme  
und Leitbilder entwickeln*, Beltz, Neuauflage  
1999

Cornell, J.: *Mit Kindern die Natur erleben*,  
Verlag an der Ruhr, Neuauflage 1999

#### Textverweise

- 1 Modul F orientiert sich an den entspre-  
chenden Ausführungen der ISB-Hand-  
reichung *Klassenzimmer Natur*,  
München 1994
- 2 KMBI I Nr. 12 1990, S. 178
- 3 Vgl. Klafki, W.: *Neue Studien zur Bildungs-  
theorie und Didaktik. Beiträge zur  
kritisch-konstruktiven Didaktik*, Weinheim  
1985, S. 233 f.
- 4 Frey, K.: *Die Projektmethode*, Weinheim/  
Basel 1993
- 5 Vgl. Q. Anne Sliwka: *Lernen und arbeiten  
in der offenen Gesellschaft: Die Wieder-  
entdeckung der Projektarbeit in Lern-  
welten 1/99*, Pädagogischer Zeitschriften-  
verlag Berlin
- 6 Vgl. die Lehrpläne der allgemein bildenden  
Schulen und *das Gesamtkonzept für  
die politische Bildung in der Schule*  
(KWMBI I 1991 Sondernummer 4).

A

B

C

D

E

F

G

## 2 Schüleraktivitäten

Hier finden Sie die Arbeitsblätter:

- FA1** Umfrage zur Gewässerqualität
- FA2** Fragebogen für Bewohner am Gewässer
- FA3** Planspiel einer Gemeinderatssitzung
- FA4** Was kann jeder Einzelne zum Schutz der Gewässer tun?

## Umfrage zur Gewässerqualität

### Materialien

- ✓ Fragebögen **FA2** (ca. 50 – 100)
- ✓ Schreibzeug
- ✓ Transparentfolien
- ✓ Folienstifte
- ✓ Lineal
- ✓ Taschenrechner

### Aufgabe

Ermittelt, wie die **anliegenden Bewohner** die **Güte des Gewässers** einschätzen.

### Vorgehen

**Befragt** dazu:

- **Anwohner** am Gewässer, **Landwirte, Spaziergänger**
- **Gewässerbenutzer**: Fischteichbesitzer, Angler, Angelvereine, Triebwerksbesitzer, Personal der Kläranlage
- **Behördenmitarbeiter** der Gemeindeverwaltung

**Tipp!** Mit Freundlichkeit erreicht ihr euer Ziel am schnellsten. 😊

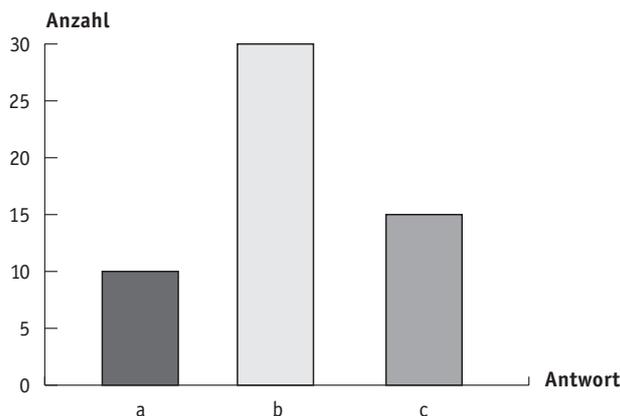
### Auswertung

**Wertet** die Fragebögen zusammenfassend wie folgt **aus**:

- **Summiert** für jedes Kästchen getrennt die **Anzahl der Nennungen**.
- Wertet die Daten **graphisch** aus:

### Beispiel zu Frage 4 **Halten Sie sich am Gewässer auf?**

- a) nein, nie
- b) selten, manchmal
- c) häufiger, regelmäßig



Aus dieser Darstellung kann man entnehmen, dass

- Antwort a von 10 Befragten angekreuzt wurde,
- Antwort b von 30 Befragten angekreuzt wurde,
- Antwort c von 15 Befragten angekreuzt wurde.

- Bildet für die **einzelnen Fragen** jeweils die **Gesamtsummen** und errechnet daraus die jeweiligen **prozentualen Anteile**.
- **Diskutiert die Ergebnisse** in der Klasse (z. B.: Gibt es besonders häufige Antworten? Ergeben sich Zusammenhänge aus den Antworten der Fragen 4 – 7?).

## Fragebogen für Bewohner am Gewässer



Im Rahmen des Unterrichts führen wir eine Umfrage zum/zur ..... durch  
und bitten dabei um Ihre Mitwirkung. Name des Gewässers

Schule ..... Klasse .....

Adresse ..... Lehrer .....

Kreuzen Sie bitte die Ihrer Meinung nach zutreffenden Antworten an!

**1**

**Wohnort** .....

**2**

**Wie wird das Abwasser in der Gemeinde behandelt?**

- a) Kläranlage in  
.....
- b) Hauskläranlagen, Versitzgruben,  
Dreikammergruben
- c) wird nicht behandelt
- d) weiß ich nicht

**3**

**Wohin gelangt das gereinigte Abwasser?**

- a) Einleitung in  
.....
- b) weiß ich nicht

**4**

**Halten Sie sich an dem Gewässer auf?**

- a) nein, nie
- b) weniger als einmal pro Woche
- c) öfter als einmal pro Woche

**5**

**Zu welchem Zweck halten Sie sich am Gewässer auf?**

- a) zum Spaziergehen
- b) zum Baden, Sonnen, Ausruhen
- c) zum Fischen
- d) sonstige Gründe
- .....

**6**

**Wie schätzen Sie die Wasserqualität des Gewässers ein?**

- a) sauber  b) dreckig
- c) übel riechend  d) schlammig
- e) mit Schaum bedeckt  f) verkrautet

**7**

**Welche Aussagen halten Sie für zutreffend?**

- a) Das Gewässer ist in einem guten Zustand.
- b) Das Gewässer ist in einem schlechtem Zustand.
- c) Ich sehe keine Verbesserungsmöglichkeiten durch einzelne Maßnahmen.
- e) Am Gewässer sollte es mehr Erholungsflächen, Ufer- und Spazierwege usw. geben.
- f) Am Gewässer sollte es weniger Erholungsflächen, Ufer- und Spazierwege usw. geben.
- g) Das Gewässer sollte in seinen ursprünglichen Zustand gebracht werden.
- h) Es gibt zu häufig Überschwemmungen.

**8**

**Wenn man mit zusätzlichem Aufwand die Gewässerqualität verbessern könnte,**

- a) würde ich mich finanziell beteiligen
- b) würde ich freiwillige Arbeit leisten
- c) würde ich mich nicht beteiligen



**Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!**

**F**

## Planspiel einer Gemeinderatssitzung

### Aufgabe

Haltet eine „**Gemeinderatssitzung**“ zu dem von euch untersuchten Gewässer ab. Diese Sitzung bedarf einiger Vorbereitung. Bildet dazu **Kleingruppen** von Gewässerbewohnern, Interessengruppen und Behörden. Orientiert euch an der folgenden Liste möglicher beteiligter **Personen- oder Interessengruppen**:

- die Verbandsvorsitzenden von Zweckverbänden zur Wasserversorgung und zur Abwasserbeseitigung (Betreiber der Kläranlage, „Chef“ der Kläranlage und des Wasserwerks)
- der Verantwortliche einer Firma, die Abwasser einleitet
- der Vorsitzende/Gewässerwart des Fischereivereins
- die Besitzer von Mühlen und Triebwerken (Wasserkraftwerken)
- der Mitarbeiter des Wasserwirtschaftsamtes, des Landratsamtes und der Gesundheitsabteilung
- die Anlieger
- die Freizeitnutzer (Spaziergänger, Badegäste)
- die Naturschützer
- der Bürgermeister (z. B. der Lehrer) und seine Stellvertreter
- der „Umweltrowdy“, den Umweltschutz nicht kümmert

Verwendet die **während des Wasserprojekts erarbeiteten Ergebnisse als Argumentationshilfe** für die Durchsetzung eurer Interessen im „Gemeinderat“. Ihr könnt weitere Informationen bei euren Eltern, Behörden oder auch bei den Anliegern (Arbeitsblatt **FA1**) erfragen.

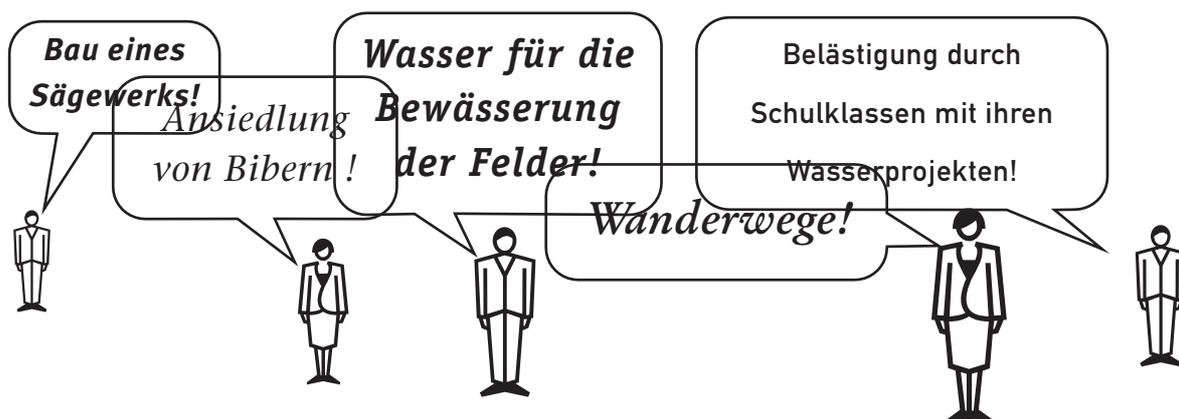
Auf der **Tagesordnung** der Gemeinderatssitzung könnten folgende Themen stehen:

- Ein Antrag auf den Bau eines Sägewerks am Gewässer liegt vor.
- Am Gewässer sollen Biber angesiedelt werden.
- Der Fremdenverkehrsverein möchte Wanderwege am Gewässer bauen.
- Die Bauern wollen Wasser für die Bewässerung der Felder entnehmen.
- Ein Anwohner fühlt sich durch Schulklassen, die Wasserprojekte durchführen, belästigt.

### Vorgehen

- ① Versucht, unter der Leitung des Bürgermeisters und seiner Stellvertreter eine für alle Beteiligten tragbare **Kompromisslösung** zu finden, und notiert diese.
- ② Lasst dabei **jede Personengruppe ihre Wünsche und Bedürfnisse vorbringen**. Bemüht euch besonders, die **Interessenkonflikte** aufzuspüren. Geht dabei von der **Leitfrage** aus:

**„Wem schadet es besonders, wenn ich meine Wünsche und Interessen ohne Rücksicht auf andere durchbringe?“**



# Was kann jeder Einzelne zum Schutz unserer Gewässer tun?

## Aufgabe

Tragt in die Zusammenstellung ein, welche Maßnahmen jeder Einzelne zum Schutz unserer Gewässer ergreifen kann, und geht dazu nach dem Beispiel vor. Ergänzt die Tabelle um weitere mögliche Punkte.

<p><b>im Haushalt</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• beim Einsatz von Wasch- und Reinigungsmitteln, Haushaltschemikalien:</li> <li>• bei Medikamenten, Lacken, Farbstoffen:</li> <li>• beim Wäschewaschen:</li> <li>• beim Geschirrspülen:</li> <li>• beim Autowaschen:</li> </ul>	<p></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p><i>Wasser sparende Geräte einsetzen, Maschine ausreichend füllen, Härtebereich beachten, Kochwäsche vermeiden</i></p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p><b>beim Hausgarten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• bei der Kompostierung:</li> <li>• beim Düngen und bei der Unkrautbekämpfung:</li> <li>• im „Naturgarten“:</li> </ul>	<p></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p><b>am Gewässer</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• als Spaziergänger, Reiter, Mountainbiker, Bootsfahrer, Surfer, Taucher:</li> <li>• als Badegast:</li> <li>• in besonders gekennzeichneten Naturschutzgebieten:</li> <li>• in Schilfgebieten:</li> <li>• bei der Fütterung von Wasservögeln:</li> <li>• als Angler und Fischer:</li> </ul>	<p></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p><b>weitere Schutzmaßnahmen</b></p>	<p></p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

# Lernort *Gewässer*



1	Ansprechpartner	182
2	Wer kann bei welchen Fragen helfen und beraten?	183
3	Ansprechpartner für Wasserfragen allgemein	184
4	Die bayerische Umweltverwaltung im Überblick	185
5	Bachpatenschaften	186

## Service

## G



## 1 Ansprechpartner

Bayern speziell

Nachfolgend werden Ansprechpartner und Adressen für die in den einzelnen Kapiteln behandelten Aspekte aufgelistet. Damit soll der Zugriff auf vertiefende Fragestellungen erleichtert werden. Gleichzeitig wird eine besser regionalisierte Behandlung der Themenkreise zum Gewässer im persönlichen Erfahrungsraum der Schüler möglich.

Die Einschaltung und Befragung der Fachleute kann zusätzliche Möglichkeiten eröffnen:

- im Rahmen der Unterrichtsvorbereitung und Stoffsammlung,
- zum Bezug von Broschüren und Fachinformationsschriften,
- zur Bereitstellung von Hintergrunddaten und Vergleichswerten für das gewählte Gewässerbeispiel,
- zum Erlangen eines lebendigen Praxisbezugs.

Wasserwirtschaftliche Aufgaben werden jeweils über mehrere Landkreise hinweg in Bayern von **23 Wasserwirtschaftsämtern, dem Straßen- und Wasserbauamt Pfarrkirchen und dem Talsperren-Neubauamt Nürnberg** als technischen Fachbehörden wahr-

genommen. Dort können u. a. kurz gefasste Informationsblätter mit gebietsbezogenen Aufgabenbeschreibungen, Schriften und Broschüren bezogen werden. Wasserbroschüren können Sie darüber hinaus zentral beim Wasserwirtschaftsamt Deggendorf bestellen (► Seite 185).

**Tab. G1** gibt für jedes Modul geeignete Ansprechpartner an. Häufige Fragen und Ansprechpartner sind in der **Tab. G2** zusammengestellt. Die Adressen wichtiger Ämter rund ums Wasser sind auf Seite 185 zusammengefasst. In **Abb. G2** auf der Rückseite dieser Broschüre finden Sie die Zuordnung der bayerischen Landkreise und kreisfreien Städte zu den Wasserwirtschaftsämtern. Besuchen Sie auch die **Ämter im Internet**. Dort können Sie zum Beispiel vielfach bereits aktuelle Gewässergütekarten einsehen oder herunterladen (Zugang z. B. über die Homepage des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen unter <http://www.bayern.de/stmlu>). Eine Link-Seite mit Internet-Adressen finden Sie in Kürze unter <http://www.bayern.de/lfw> im Themenbereich „Umweltbildung“.

**Weitere Informationsstellen:**

- 71 Landratsämter und 25 kreisfreie Städte als Rechtsbehörden mit dem Sachgebiet Wasserrecht, den fachkundigen Stellen der Wasserwirtschaft, der Gesundheitsabteilung und der unteren Naturschutzbehörde
- die Gemeinden (häufig mit kommunalen Umweltbeauftragten)
- die gemeindlichen Agenda-Gruppen (Agenda 21-Zentrale: **komma21@lfu.bayern.de** am Bayerischen Landesamt für Umweltschutz in Augsburg, Tel: 08121/9071-5021-5121; Fax 08121/9071-5221; internet: **http://www.bayern.de/lfu/komma21**)
- die übergemeindlichen Verbände und Zweckverbände zur Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (über die Gemeinden)
- die Betreiber gewerblicher Abwasserbehandlungsanlagen (über die Wasserwirtschaftsämter oder Landratsämter)
- die Ämter für Landwirtschaft und Ernährung (über die Landratsämter)
- die Fachberater der Bezirke für Fischerei (bei den Regierungen)
- die Fischereiverbände e. V. der Bezirke und der Landesfischereiverband Bayern
- die einzelnen Fischereivereine und Inhaber/Pächter der Fischereirechte (über die Fischereiverbände, die Gemeinden oder Landratsämter), häufig mit Gewässerwarten
- die Wasser- und Bodenverbände
- die Besitzer von Triebwerken und Mühlen (über die Landratsämter)

A

B

C

## 2 Wer kann bei welchen Fragen helfen und beraten ?

D

Modul, Thema der Handreichung	Ansprechpartner
<b>A Wasserkreislauf</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewässerkarten</li> <li>• Niederschlagsverhältnisse</li> </ul>	Wasserwirtschaftsamt Wasserwirtschaftsamt, Deutscher Wetterdienst
<b>B Einzugsgebiet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einzugsgebietsfestlegung</li> <li>• Flächennutzung</li> </ul>	Wasserwirtschaftsamt Amt für Landwirtschaft, Gemeinde, Wasser- und Bodenverbände
<b>C Fließgewässer und angrenzende Aue</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserstand, Abflussdaten</li> <li>• Gewässerstruktur</li> <li>• Gewässerbenutzer (Triebwerke, Mühlen, Bewässerungsanlagen)</li> </ul>	Wasserwirtschaftsamt Wasserwirtschaftsamt, Gemeinde, Wasser- und Bodenverbände Gemeinden, Landratsämter, Anlagenbetreiber
<b>D Nutzungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasserversorgung</li> <li>• Grund-/Trinkwasserqualität</li> <li>• Abwasserbeseitigung (kommunal)</li> <li>• Abwasserbeseitigung (gewerblich)</li> <li>• Hochwasserschutz</li> </ul>	Gemeinde, Wasserwirtschaftsamt Wasserwirtschaftsamt, Gemeinde, Gesundheitsverwaltung (am Landratsamt) Wasserwirtschaftsamt, Gemeinde, Landratsamt Industriebetrieb, Gemeinde, Wasserwirtschaftsamt, Landratsamt Wasserwirtschaftsamt, Gemeinde
<b>E Bewertungen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewässergüte, chemische und biologische Daten</li> <li>• Badegewässerqualität</li> <li>• Fische</li> <li>• chemische Spurenschadstoffe</li> </ul>	Wasserwirtschaftsamt, Regierung Gesundheitsverwaltung (am Landratsamt) Fachberatung für Fischerei (bei den Bezirksregierungen), Bezirksfischereiverbände, Fischereivereine und Pächter (über die Landratsämter erfragbar) Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft

**Tab. G1**

Wichtige Ansprechpartner, auf die einzelnen Module der Handreichung bezogen

E

F

G

A

### 3 Ansprechpartner für Wasserfragen allgemein

B

Tab. G2

Leitfaden für Ansprechpartner bei häufigen Fragen rund ums Wasser (WWA = Wasserwirtschaftsamt)

C

D

E

F

G

Begriff	Haben Sie diese oder andere Fragen zum Thema?	Folgende Stellen informieren und beraten Sie...
<i>Abwasser</i>	Wie setzt sich der Wasserpreis zusammen?	Gemeinde, Abwasser-versorgungsunternehmen
	Wie kann ich mein Abwasser entsorgen, wenn kein Kanalanschluss vorhanden ist?	Gemeinde, Landratsamt, WWA, private Sachverständige
<i>Agenda 21</i>	Welche Möglichkeiten zum Trinkwasserschutz und zum Wassersparen habe ich in der Gemeinde? Wo kann ich Näheres über den Umgang mit Regenwasser oder über Bachpatenschaften erfahren?	Gemeinde, WWA
<i>Gartenbrunnen</i>	Kann das Wasser zum Gartengießen verwendet werden?	Landratsamt, WWA, private Labors
<i>Gewässerpflege</i>	Wo kann ich mich zum Thema Gewässerpflege informieren?	WWA
<i>Grundwasserstände</i>	Wo sind Grundwassermessstellen in meiner Nähe?	WWA
	In welcher Tiefe treffe ich auf meinem Grundstück Grundwasser an?	WWA, Gemeinde
<i>Hochwasserschutz</i>	Gibt es Planungen? Was kann ich für mein Haus tun?	WWA, Gemeinde
<i>Hochwasserstände</i>	Wie hoch ist der aktuelle Wasserstand ? Besteht Überflutungsgefahr?	WWA, Gemeinde
<i>Kläranlagen</i>	Welche Bauweisen von Einzelkläranlagen sind möglich?	WWA, private Sachverständige, Fachbüros
	Was ist von Pflanzenkläranlagen zu halten?	
<i>Niederschlagswasser</i>	Welche Möglichkeiten der Niederschlagswasserbeseitigung gibt es?	Landratsamt, WWA
<i>Regenwasser-nutzung</i>	Was ist von Regen-/Brauchwassernutzung zu halten?	WWA, Fachbüros, priv. Sachverständige
<i>Trinkwasser</i>	Kann ich Leitungswasser trinken? Wie ist die Trinkwasserqualität in meiner Gemeinde?	Gemeinde, Wasserversorgungsunternehmen, Landratsamt
	Ist das Trinkwasser für Babynahrung geeignet?	Landratsamt
	Wo kommt mein Trinkwasser her? Welche Wasserhärte hat das Leitungswasser?	Gemeinde, Wasserversorgungsunternehmen, WWA
<i>Wasserqualität</i>	Wer gibt mir Auskunft zur Gewässergüte und Wasserqualität?	WWA
	Wer erteilt Auskunft über die Qualität der Badegewässer?	Landratsamt
<i>Wasserschutzgebiete</i>	Was ist in Wasserschutzgebieten erlaubt, was verboten?	Wasserversorgungsunternehmen, Landratsamt, WWA, Amt für Landwirtschaft und Ernährung
	Wo liegen überall Wasserschutzgebiete?	WWA, Landratsamt
<i>Wasser sparen</i>	Welche Möglichkeiten gibt es, Wasser einzusparen?	Fachhandel, WWA
<i>Wassersport</i>	Für welche Sportarten kann ein Gewässer genutzt werden? Wer ist zuständig?	Gemeinde, Landratsamt, WWA

## 4 Die bayerische Umweltverwaltung im Überblick

### Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

Rosenkavalierplatz 2, 81925 München  
Tel. (089) 92 14-00, Fax (089) 92 14 22-66  
E-Mail: poststelle@stmlu.bayern.de  
Internet: www.bayern.de/stmlu

**Über die Internetseite des Umweltministeriums erreichen Sie auch das Internetangebot der Wasserwirtschaftsämter, soweit vorhanden.**

### Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft

Lazarettstr. 67, 80636 München  
Tel. (089) 92 14-01  
E-Mail: poststelle@lfw.bayern.de  
Internet: www.bayern.de/lfw

**In den Regierungen sind die Umweltabteilungen zuständig.**

#### Regierung von Oberbayern

Maximilianstr. 39, 80538 München  
Tel. (089) 2176-0, Fax (089) 2176- 2914  
poststelle@reg-ob.bayern.de

#### Regierung von Niederbayern

Regierungsplatz 540, 84028 Landshut  
Tel. (0871) 8 08-01, Fax (0871) 8 08-10 02  
E-Mail: poststelle@reg-nb.bayern.de

#### Regierung der Oberpfalz

Emmeramsplatz 8, 93047 Regensburg  
Tel. (0941) 56 80-0, Fax (0941) 56 80- 1 88  
E-Mail: poststelle@reg-opf.bayern.de

#### Regierung von Oberfranken

Ludwigstr. 20, 95444 Bayreuth  
Tel. (0921) 6 04-0, Fax (0921) 6 04-2 58  
E-Mail: poststelle@reg-ofr.bayern.de

#### Regierung von Mittelfranken

Promenade 27, 91522 Ansbach  
Tel. (0981) 53- 0, Fax (0981)53-2 06  
E-Mail: poststelle@reg-mfr.bayern.de

#### Regierung von Unterfranken

Peterplatz 9, 97070 Würzburg  
Tel. (0931) 3 80-0, Fax (0931) 3 80-22 22  
E-Mail: poststelle@reg-ufr.bayern.de

#### Regierung von Schwaben

Fronhof 10, 86152 Augsburg  
Tel. (08219) 3 27-01, Fax (0821) 3 27-22 89  
E-Mail: poststelle@reg-schw.bayern.de

### Wasserwirtschaftsämter (WWA)

#### WWA Amberg

Archivstr. 1, 92224 Amberg  
Tel. (09621) 3 07-01, Fax (09621) 3 07-199  
E-Mail: poststelle@wwa-am.bayern.de

#### WWA Ansbach

Dürnerstr. 2, 91522 Ansbach  
Tel. (0981) 95 03-0, Fax (0981) 95 03-28  
E-Mail: poststelle@wwa-an.bayern.de

#### WWA Aschaffenburg

Cornelienstr. 1, 63739 Aschaffenburg  
Tel. (06021) 3 93-1, Fax (06021) 3 93-3 59  
E-Mail: poststelle@wwa-ab.bayern.de

#### WWA Bamberg

Kasernstr. 4, 96049 Bamberg  
Tel. (0951) 95 30-0, Fax (0951) 95 30-152  
E-Mail: poststelle@wwa-ba.bayern.de

#### WWA Bayreuth

Wilhelminenstr. 2, 95444 Bayreuth  
Tel. (0921) 6 06-06, Fax (0921) 6 06-25 55  
E-Mail: poststelle@wwa-bt.bayern.de

#### WWA Deggendorf

Detterstr. 20, 94469 Deggendorf  
Tel. (0991) 25 04-0, Fax (0991) 25 04-200  
E-Mail: poststelle@wwa-deg.bayern.de

#### WWA Donauwörth

Förgstr. 23, 86609 Donauwörth  
Tel. (0906) 70 09-0, Fax (0906) 70 09-36  
E-Mail: poststelle@wwa-don.bayern.de

#### WWA Freising

Amtsgerichtsgasse 6, 85354 Freising  
Tel. (08161) 1 88-0, Fax (08161) 1 88-210  
E-Mail: poststelle@wwa-fs.bayern.de

#### WWA Hof

Jahnstr. 4, 95030 Hof  
Tel. (09281) 8 91-0, Fax (09281) 8 91-100  
E-Mail: poststelle@wwa-ho.bayern.de

#### WWA Ingolstadt

Paradeplatz 13, 85049 Ingolstadt  
Tel. (0841) 3 13-01, Fax (0841) 3 13-298  
E-Mail: poststelle@wwa-in.bayern.de

#### WWA Krumbach

Nattenhauser Str. 16, 86381 Krumbach  
Tel. (08282) 8 98-0, Fax (08282) 8 98-200  
E-Mail: poststelle@wwa-kru.bayern.de

#### WWA Landshut

Seligenthalerstr. 12, 84034 Landshut  
Tel. (0871) 85 28-01, Fax (0871) 85 28-119  
E-Mail: poststelle@wwa-la.bayern.de

#### WWA München

Praterinsel 2, 80538 München  
Tel. (089) 2 12 33-0, Fax (089) 2 12 33-101  
E-Mail: poststelle@wwa-m.bayern.de

#### WWA Nürnberg

Blumenstr. 3, 90402 Nürnberg  
Tel. (0911) 46 21-04, Fax (0911) 46 21-220  
E-Mail: poststelle@wwa-n.bayern.de

#### WWA Passau

Dr. Geiger-Weg 6, 94032 Passau  
Tel. (0851) 59 06-0, Fax (0851) 59 06-10  
E-Mail: poststelle@wwa-pa.bayern.de

#### WWA Regensburg

Landshuter Str. 59, 93053 Regensburg  
Tel. (0941) 7 80 09-0, Fax (0941) 7 80 09-88  
E-Mail: poststelle@wwa-r.bayern.de

#### WWA Rosenheim

Königstr. 19, 83022 Rosenheim  
Tel. (08031) 3 05-01, Fax (08031) 3 05-179  
E-Mail: poststelle@wwa-ro.bayern.de

#### WWA Schweinfurt

Alte Bahnhofstr. 29, 97422 Schweinfurt  
Tel. (09721) 2 03-0, Fax (09721) 2 03-210  
E-Mail: poststelle@wwa-sw.bayern.de

#### WWA Traunstein

Rosenheimer Str. 7, 83278 Traunstein  
Tel. (0861) 57-0, Fax (0861) 1 36 05  
E-Mail: poststelle@wwa-ts.bayern.de

#### WWA Weiden

Gabelsbergerstr. 2, 92637 Weiden  
Tel. (0961) 3 04-0, Fax (0961) 3 04-4 00  
E-Mail: poststelle@wwa-wen.bayern.de

#### WWA Weilheim

Püttrichstr. 15, 82362 Weilheim  
Tel. (0881) 1 82-0, Fax (0881) 1 82-1 62  
E-Mail: poststelle@wwa-wm.bayern.de

#### WWA Würzburg

Tiepolostr. 6, 97070 Würzburg  
Tel. (0931) 3 03-01, Fax (0931) 3 03-2 70  
E-Mail: poststelle@wwa-wue.bayern.de

#### Straßen- und Wasserbauamt Pfarrkirchen

Arnstorfer Str. 11, 84347 Pfarrkirchen  
Tel. (08561) 3 05-0, Fax (08561) 3 05-11  
E-Mail: poststelle@wwa-swbaf.bayern.de

#### Talsperren-Neubauamt Nürnberg

Bahnhofstr. 41-45, 90402 Nürnberg  
Tel. (0911) 9 49 70-0, Fax (0911) 9 49 70-90  
E-Mail: poststelle@wwa-tnan.bayern.de

*Außerdem nehmen alle Landratsämter Umweltschutzaufgaben insbesondere in den Bereichen Naturschutz, Bodenschutz, technischer Umweltschutz, Abfallwirtschaft und Wasserwirtschaft wahr.*

A

B

C

D

E

G

A

B

C

D

E

F

G

## 5 Bachpatenschaften

Engagierte und umweltbewusste Bürger, Vereine, Schulen und andere Interessierte können die zum Gewässerausbau und zur Gewässerunterhaltung Verpflichteten bei ihren Aufgaben unterstützen und dadurch zum „Anwalt ihres Gewässers“ werden. Damit können Gewässer in praktischer Arbeit ortsnah erlebt werden. Solche „Bachpaten“ engagieren sich für das Gewässer, die Ufer und Aue durch Beobachten, Erhalten und Sichern der vielfältigen Funktionen des Gewässers.

### Welche Aufgaben können Bachpaten übernehmen?

Bachpaten engagieren sich

- bei der Erfassung der Lebensgemeinschaften, der Gewässergüte und der Wasserqualität,
- bei der regelmäßigen Kontrolle des Gewässerzustandes,
- beim Säubern der Ufer und Aue von Unrat,
- bei der Bepflanzung der Ufer,
- bei der Pflege der Bepflanzungen,
- mit Vorschlägen für Pflegemaßnahmen,
- bei der Information und Aufklärung der Mitbürger.

### Welche Gewässer eignen sich für Bachpatenschaften?

Bachpatenschaften bieten sich vor allem bei kleineren Bächen an, bei denen als Gewässer 3. Ordnung die Gemeinden Ansprechpartner und Zuständige sind. Diese Gewässer sind überschaubar und können von der „Quelle bis zur Mündung“ ortsnah erlebt werden. Die von den staatlichen Verwaltungen unterhaltenen großen Flüsse überörtlicher Bedeutung (Gewässer 1. und 2. Ordnung) sind hingegen weniger geeignet.

*Bayern speziell*

### Wer kann eine Bachpatenschaft eingehen?

Grundsätzlich kann jeder interessierte Bürger mitmachen. Sinnvoll ist eine Bachpatenschaft jedoch nur, wenn

- mehrere Interessenten eine Bachpatenschaft bilden,
- Interesse für eine längerfristige, kontinuierliche und eigenverantwortliche Mitarbeit besteht,
- Bachpaten bereit sind, sich das erforderliche Fachwissen für ihre Arbeiten anzueignen,
- eine interessierte und engagierte Lehrkraft (oder ein Lehrerkollegium stellvertretend für die Schule) die Bachpatenschaft übernimmt und federführend betreut.

### Was gibt es bei einer Bachpatenschaft zu beachten?

Personen, die an einer Bachpatenschaft interessiert sind,

- wenden sich an die Gemeinde und stimmen sich mit dieser für das gewählte Gewässer ab: Zielsetzung der Patenschaft, geplante Maßnahmen, Dauer (sinnvolle Mindestdauer: 5 Jahre),
- schließen mit der Gemeinde eine Vereinbarung zur Übernahme einer Bachpatenschaft und Festlegung der Aufgaben ab. Musterfassungen sind bei den Wasserwirtschaftsämtern erhältlich.

### Welche Rechtsstellung haben Bachpaten?

Bachpaten

- haben bei ihren Aufgaben keine besondere Rechtsposition,
- sind keine „stellvertretenden Amtspersonen“,
- arbeiten in enger Abstimmung mit den Unterhaltungsverpflichteten (z. B. Gemeinden),
- unterstützen die Unterhaltungsverpflichteten bei ihren Aufgaben.

A

## Vereinbarung über eine Bachpatenschaft

1. Der Bachpate übernimmt für  
den/die \_\_\_\_\_  
von (Bach-km) \_\_\_\_\_ bis (Bach km) \_\_\_\_\_  
ab dem \_\_\_\_\_ bis zum \_\_\_\_\_ die Bachpatenschaft.
  
2. Der Bachpate verpflichtet sich, unter der Leitung des Unterhaltspflichtigen bei folgenden Unterhaltungs- und/oder Pflegemaßnahmen, insbesondere folgenden Reinigungsaktionen, unentgeltlich mitzuhelfen bzw. folgende Teilaufgaben eigenverantwortlich zu übernehmen:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
3. Der Unterhaltspflichtige ist berechtigt, dem Bachpaten im Einzelfall Weisungen für die Ausführung der übertragenen Arbeiten zu erteilen. Er steht dem Bachpaten beratend zur Seite und stellt ihm folgende Geräte/Materialien/ ... zur Verfügung:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
  
4. Der Bachpate beobachtet das Gewässer regelmäßig und informiert den Unterhaltspflichtigen über wichtige Beobachtungen.
  
5. Der Bachpate bepflanzt die Ufer von \_\_\_\_\_  
bis \_\_\_\_\_ mit \_\_\_\_\_  
und pflegt diese Bepflanzung.

B

C

D

E

F

G

### Hinweise

Die Bachpatenschaft verleiht keine besondere Rechtsposition oder Zuständigkeit; der Bachpate hat keinerlei amtliche Befugnisse.

Der Bachpate ist gemäß § 539 Abs. 2 RVO als für die Stadt/Gemeinde ehrenamtlich Tätiger unfallversichert, sofern er keinen anderweitigen Versicherungsschutz genießt (z. B. Schüler im Rahmen des Unterrichts). Er ist auch im Bezug auf Personen-, Sach- und Vermögensschäden gegenüber Dritten im Rahmen der bestehenden Haftpflichtversicherung des Unterhaltspflichtigen für Gemeindebedienstete mitversichert.

*Bayern speziell*

### Abb. G1

Mustervertrag für eine  
Bachpatenschaft



- Amtsbezirksgrenzen der Wasserwirtschaftsämler
- Staatsgrenzen
- Landesgrenzen
- - - Landkreisgrenzen, Grenzen kreisfreier Städte
- Sitze der Bezirksregierungen
- Kreisfreie Städte bzw. Sitze der Landratsämter
- Passau Landkreisnamen
- Passau Sitze der Wasserwirtschaftsämler

Topographische Grunddaten: Wiedergabe mit Genehmigung des BLVA, Nr. 942/98  
 Wasserwirtschaftliche Fachdaten: Geographisches Informationssystem Wasserwirtschaft



© Bayer, Landesamt für Wasserwirtschaft, eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayer. Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen

**Abb. G2**  
 Übersichtskarte der Dienstbezirke der Wasserwirtschaftsämler

# Stichwortverzeichnis

- **Abbildung**
- ▣ **Tabelle**
- **Farbfolie**
- ✓ **Arbeitsblatt**
- 123 **Information im Text**
- 123 **Bayerisches Gewässer**

## A

Abfluss 16 ff, 22 ff, 59 ff, 59 ▣, 62 ▣,  
73 ✓, 74  
Abflussmessung 60, 73 ✓, 74  
Abflussquerschnitt 73 ✓  
Abflussregime 60 ●  
Abflussspende 18 ●, 22 ▣  
Abwassergebühren 97  
Abwasserreinigung 92 ff, 92 ●, 118 □,  
110 ✓, 111 ff ✓  
Abwasserreinigung, industrielle 95 f,  
96 ●  
Abwasserreinigung, weitergehende 94 f  
Abwasserreinigungsanforderungen 95 f  
Altlasten 44 f  
Altmühlüberleitung 23  
Altwasser 64, 150 f ✓  
Amper 126 f  
Anschlussgrade (Abwasser) 95  
Aue 42, 63 f, 65 ●, 84 □, 150 ✓

## B

Bachpatenschaften 186, 187 ▣  
Badegewässerqualität 135 ●, 136, 139  
Belebungsverfahren 92 ●, 93, 111 ff ✓,  
118 □  
Biochemischer Sauerstoffbedarf (BSB<sub>5</sub>)  
93, 95  
Bioindikation 121 ff, 122 ●, 128 ▣, 131 ●,  
135 ●, 147 ✓, 148 f ✓, 158 ✓, 158 □,  
161 ✓, 161 □, 162 ✓, 162 □  
Boden 17 f, 36 ✓, 37 ✓, 42 f

## C

Chiemsee 131

## E

Einleiterüberwachung 97  
Einwohnerwert 93, 98  
Einzugsgebiet 22 ▣, 41 ff, 49 ff ✓, 53 ff ✓  
Eutrophierung 121, 130 f, 132 f, 135 ●, 136

## F

Fischerei 40, 97 f, 108 ✓  
Fischsterben 134 ▣  
Fließgeschwindigkeit ▶ Strömung  
Fließgewässerstruktur ▶ Gewässer-  
struktur  
Flussgebiete 22 ▣  
Fernwasserversorgung 23, 86 f  
Fragebogen 178 ✓  
Freizeit und Erholung 43, 53 ff ✓, 169 ff,  
178 ✓, 179 ✓, 180

## G

Gewässerausbau, technisch 42 f, 63,  
64 ▣, 66 ▣, 78 ff ✓  
Gewässergüte 120 ff, 122 ●, 128 ▣,  
130 ff, 131 ●, 132 ●, 133 ●, 143 f,  
147 ✓, 148 ✓, 158 □  
Gewässergütekarte 123 ff, 124 ●, 125 ●,  
159 □, 160 □  
Gewässernutzungen 43, 86 ff, 108 ✓,  
109 ✓  
Gewässerordnung 59, 59 ▣, 138, 186  
Gewässerpflegepläne 137 f  
Gewässerrenaturierung 65 ●, 66, 84 □,  
137  
Gewässerschutz, im Haushalt 110 ✓,  
180 ✓  
Gewässerstruktur 64 ff, 64 ▣, 66 ▣,  
75 ff ✓, 78 ff ✓, 137 f  
Gewässerunterhaltung 59, 59 ▣, 186  
Gewässerversauerung 137  
Green-Camp 169 f  
Grenzwert 95, 139  
Grundwasserleiter 20 ff, 20 ●  
Grundwasserneubildung 20 f, 21 ●  
Grundwassertypen 90, 90 ▣

A

B

C

D

E

F

G

- A**
- B**
- **Abbildung**
  - ▣ **Tabelle**
  - **Farbfolie**
  - ✓ **Arbeitsblatt**
  - 123 **Information im Text**
  - 123 **Bayerisches Gewässer**
- C**
- D**
- E**
- F**
- G**
- H**
- Hochwasser 42, 62 ff, 62 ▣, 63 ●, 81 ✓  
Hochwassernachrichtendienst 63  
Hochwasserschutz 63
- I**
- Indirekteinleiter 96  
Industrieabwasser 95 f, 96 ●, 108 ✓
- K**
- Karstgrundwasserleiter 20 ●  
Kieselalgen 131 ●, 133 ●, 134, 162 □  
Kläranlage 91 ff, 92 ●, 110 ✓, 111 ff ✓,  
115 ✓, 118 □  
Klärschlamm 95  
Kluftgrundwasserleiter 20 ●
- L**
- Landwirtschaft 17, 41 ●, 42 f, 53 f, 94,  
136  
Laufentwicklung 78 ✓
- M**
- Makrophyten 132 f, 133 ●, 158 □  
Main 130 ●  
Meyersche Schöpfflasche ▶ Schöpfergerät  
Messnetze, staatlich 69 f, 61 ●, 129 f,  
129 ●, 130 ▣
- N**
- Nährsalze („Nährstoffe“) 43 f, 44 ▣, 91,  
94, 127 ff, 130 ▣  
Niederschlag 15 f, 16 ●, 17 ●, 33 ✓,  
38 □, 62  
Nitrat 43 f, 44 ▣, 94, 127, 130 ▣  
Nutzbares Grundwasser 14, 19 f, 86 f
- P**
- Partnach 60 ●  
Pegel 45 ●, 60 f, 61 ●, 74  
Pflanzenkläranlagen 93 f  
Pflanzenschutzmittel 42 f, 138 ▣, 139  
Phosphor (Phosphat) 43, 44 ▣, 94,  
111 ff ✓, 130 f, 130 ●, 131, 131 ●,  
145, 153 ✓  
Phosphoreinträge 44 ▣, 94  
Planspiel (Gemeinderatssitzung) 179 ✓  
Porengrundwasserleiter 20 ●  
Projektunterricht 164 ff
- Q**
- Quellen 58
- R**
- Regenwasser, ▶ a. Niederschlag 30 ✓,  
33 ✓  
Richtwerte (Leitwerte) 127, 136  
Ringkanalisation 131
- S**
- Saprobienindex 127  
Saurer Regen 43  
Sauerstoff 121, 128, 128 ▣, 130 ▣,  
134 ▣, 135 ●, 152 ✓, 153 ✓  
Schifffahrt 98  
Schnelltests (chem. Wasserqualität)  
144, 153 ✓  
Schöpfergerät (Seen) 155 ✓, 156 ✓  
Schullandheimaufenthalt 171, 172 ▣  
Schwermetalle 95, 130 ▣, 138 ▣, 139  
Sedimentablagerungen 133 ●, 134,  
162 □  
Selbstreinigung 121, 122 ●, 158 □  
Seeausflüsse 58, 144  
Seenbewertung 130 ff, 131 ●, 132 ●,  
133 ●, 161 □, 162 □  
Seengewässerqualität ▶ Seenbewertung

- **Abbildung**
- ▣ **Tabelle**
- **Farbfolie**
- ✓ **Arbeitsblatt**
- 123 **Information im Text**
- 123 **Bayerisches Gewässer**

Sichttiefe (Seen) 131 ●, 154 ✓  
 Speichersee bei München 126  
 Spurenstoffe 138 f, 138 ▣  
 Starnberger See 133 ●, 162 □  
 Stickstoffeinträge 43 f, 43 ▣, 94  
 Strömung 64, 66 ▣, 74 ✓, 75 ff ✓, 135 ●  
 Strukturelemente ▶ Gewässerstruktur

## T

Tauchkörperverfahren 93  
 Tegernsee 131, 133 ●, 162 □  
 Teichwirtschaft 40, 98  
 Temperaturschichtung (Seen) 132, 156 ✓  
 Trinkwasseraufbereitung 90, 91 ▣  
 Trinkwassergewinnung 88 ff, 88 ●, 89 ●  
 Trinkwasserversorgung, dezentrale 86 ff  
 Trinkwasserversorgung, öffentliche 87 ff, 88 ●  
 Trinkwasserversorgung, private 87  
 Trinkwasserbilanz 15, 86 f, 141  
 Trophie 130 ff, 131 ●, 131 ●, 132 ●, 135 ●, 136 f, 161 □, 162 □  
 Tropfkörperverfahren 93

## Ü

Überschwemmungsflächen 42 f, 46 ▣, 62 ff, 65 ▣, 66 ▣, 81 ✓  
 Umweltanalytik 138 f, 138 ✓  
 Umweltverwaltung 182 ff, 185

## V

Versiegelung 18, 42, 62 f  
 Verdunstung 14 f, 15 ▣, 16 ●, 19 ●, 19, 34 ✓, 35 ✓, 38 □  
 Versauerung 137  
 Vils (Oberpfalz) 60 ●

## W

Wärmenutzung 98  
 Wasserbeschaffenheit ▶  
 Wasserqualität, chem.  
 Wasserbilanz 14 f, 15 ▣, 16 ●, 38 □  
 Wasserbilanzgleichung 15  
 Wasserdurchlässigkeit 16 ff, 42  
 Wasserführung ▶ Abfluss  
 Wassergefährdende Stoffe 44 f  
 Wasserkraft 43, 53 ff ✓, 97  
 Wasserkreislauf 14 ff, 16 ●, 29 ✓, 30 ✓, 31 ✓, 38 □  
 Wasserparcours 83 ✓, 168 f  
 Wasserpflanzen ▶ Makrophyten  
 Wasserprojekte 168 ff  
 Wasserqualität, chemische 127 ff, 128 ▣, 130 ●, 136 f, 138 ▣, 138 f, 152 ✓, 153 ✓  
 Wassertemperatur 128, 128 ▣, 152 ✓  
 Wassersparen 87, 103 f ✓, 105 f ✓, 107  
 Wasserspeicher (Anlagen) 91  
 Wasserspeichervermögen (Boden) 15 ff, 20 ff, 36 ✓, 37 ✓, 62 ff  
 Wasserverbrauch 86 f, 103 f ✓, 104 f ✓  
 Wasserschutzgebiete 87, 87 ●, 117 □  
 Wasserwirtschaftsämter, Wasserwirtschaftsverwaltung 15, 19 f, 23, 59 ▣, 59, 60, 61, 61 ●, 63, 74 ✓, 86, 88, 97, 123, 126, 127, 129 ●, 129 f, 130 ▣, 134 ▣, 134, 138, 144, 169, 179 ✓, 182 ff, 183 ▣, 184 ▣, 185, 186, 187 ●  
 Wasserzirkulation (Seen) 156 ✓

## Z

Zeigerorganismen ▶ Bioindikation  
 Zuwendungen (staatliche Förderung) 96 f

A

B

C

D

E

F

G

## Handreichung *Lernort Gewässer*

Sehr geehrte Damen und Herren,

Wasser ist ein kostbarer Rohstoff, mit dem wir alle sorgfältig und sparsam umgehen müssen. Auch im *Wasserland Bayern* gehört es zu den Aufgaben schulischer und außerschulischer Bildungseinrichtungen, für den Umgang mit dem Rohstoff Wasser Problem- und Verantwortungsbewusstsein zu entwickeln und zu fördern.

Das reichhaltige Angebot an fließenden und stehenden Gewässern in Bayern bietet ideale Lernorte für aktives ökologisches Handeln – und genau hier setzt die vorliegende Handreichung an: Wasserfachleute der bayerischen Umweltverwaltung, Praktiker aller Schularten und Fachreferenten am Staatsinstitut für Schulpädagogik und Bildungsforschung haben gemeinsam Arbeitsmaterialien und Hintergrundinformationen entwickelt für einen projektorientierten, fächerübergreifenden Unterricht „vor Ort“.

Die vorliegende Handreichung *Lernort Gewässer* richtet sich an

- Lehrerinnen und Lehrer, insbesondere der Fachrichtungen Biologie, Chemie, Erdkunde sowie Mathematik, Physik, Sozialkunde und Deutsch für die Jahrgangsstufen 5 bis 10 der Haupt- und Realschulen sowie der Gymnasien,
- Seminarlehrer und Multiplikatoren in der Lehrerbildung,
- Mitarbeiter von Umweltstationen, Umweltverbänden und Bildungsträgern für den Einsatz in der Jugendarbeit,
- Kommunale Agenda-Gruppen, die den Agenda-Prozess im Themenkreis Wasser aktiv mitgestalten wollen,
- Fachleute der staatlichen Umweltverwaltung für den Einsatz vor Ort bei Führungen und Exkursionen.

Wir wünschen uns, dass Ihnen die vorliegende Handreichung vielfältige Anregungen und Anwendungsmöglichkeiten für die Arbeit am *Lernort Gewässer* bieten kann.

Mit freundlichen Grüßen



Peter Blumenwitz, Ministerialdirigent

Bayerisches Staatsministerium für  
Landesentwicklung und Umweltfragen



Dr. Peter Meinel, Direktor

Bayerisches Staatsinstitut für  
Schulpädagogik und Bildungsforschung

### Beachten Sie bitte auch die folgenden Hinweise:

Bearbeiter der Handreichung und die Fachleute der Wasserwirtschaftsverwaltung unterstützen Sie im Rahmen ihrer Möglichkeiten gerne in der Anwendung Ihrer neuen Handreichung *Lernort Gewässer*. Die Adressen finden Sie im Impressum und im Service-Modul G.

Es ist vorgesehen, mit Schulungsangeboten bei den einschlägigen Lehrerfortbildungseinrichtungen die Anwendung der Handreichung *Lernort Gewässer* zu unterstützen. Bitte beachten Sie dazu auch die Veranstaltungshinweise.

**Fax-Antwort**

Fax-Nummer ISB: (089) 92 14-24 39

Damit auch andere Anwender diesen Fragebogen verwenden können:  
bitte **vor dem Ausfüllen kopieren** und Kopien in das Ihnen vorliegende  
Exemplar der Handreichung einheften!

Staatsinstitut für Schulpädagogik  
und Bildungsforschung  
Abteilung Realschule  
Arabellastr. 1

81925 München

Liebe Leserin, lieber Leser,

**Ihre Meinung interessiert uns !**

Wir bitten Sie deshalb, uns mit dem ausgefüllten Fragebogen

Ihre Anwendererfahrungen mitzuteilen .

Herzlichen Dank für Ihre Hilfe.

**1. Anlass und Ort der Anwendung**

Ich habe die Handreichung eingesetzt

- im Unterricht      Schulart ..... Jahrgangsstufe ..... Unterrichtsfach .....
- im Projektunterricht      Schulart ..... Jahrgangsstufe ..... Unterrichtsfach .....
- im Schullandheim      Schulart ..... Jahrgangsstufe ..... Unterrichtsfach .....
- im Wahlkurs      Schulart ..... Jahrgangsstufe ..... Unterrichtsfach .....
- Sonstiges ..... Veranstalter ..... Alter der Teilnehmer .....
- In meiner Funktion als .....

**2. Eignung der Sachinformationen für den Anwendungszweck**

Bitte bewerten Sie die Eignung der verwendeten Sachinformationsmodule, Karten und Folien für Ihre Anwendungszwecke!

<b>Modul</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
Ich habe zu meinem <b>Anlaß (z.B. Projektwoche)</b> verwendet	<input type="checkbox"/>				
Die <b>Sachinformationseinhalte</b> sind ...					
oft hilfreich und verwendbar	<input type="checkbox"/>				
in Einzelfällen verwendbar	<input type="checkbox"/>				
Das <b>fachliche Anspruchsniveau</b> ist ...					
angemessen, genau richtig	<input type="checkbox"/>				
zu schwierig	<input type="checkbox"/>				
zu einfach	<input type="checkbox"/>				
<b>Bayerische Fallbeispiele</b> sind...					
in gutem Umfang vertreten und verwendbar	<input type="checkbox"/>				
manchmal verwendbar	<input type="checkbox"/>				
Die <b>Abbildungen und Tabellen</b> sind ...					
anschaulich und gut einsetzbar	<input type="checkbox"/>				
in Einzelfällen einsetzbar	<input type="checkbox"/>				
Die <b>Karten und Folien</b> sind ...					
anschaulich und gut einsetzbar	<input type="checkbox"/>				
in Einzelfällen einsetzbar	<input type="checkbox"/>				

Anregungen/Bemerkungen zu den Sachinformationsteilen, Karten und Folien:



### 3. Eignung der Arbeitsblätter für den Anwendungszweck

Bitte bewerten Sie die **Eignung** der verwendeten **Arbeitsblätter und Lehrerinformationen im Teil Schüleraktivitäten** für Ihre Anwendungszwecke! Kreuzen Sie bitte für die Arbeitsblätter jedes Moduls ein Feld an (++ = sehr gut; -- = sehr schlecht).

Eindeutigkeit der Aufträge/ Formulierungen	++	+	o	-	--	Verwendbarkeit der Arbeitsblätter	++	+	o	-	--
Arbeitsblätter Modul A						Arbeitsblätter Modul A					
Arbeitsblätter Modul B						Arbeitsblätter Modul B					
Arbeitsblätter Modul C						Arbeitsblätter Modul C					
Arbeitsblätter Modul D						Arbeitsblätter Modul D					
Arbeitsblätter Modul E						Arbeitsblätter Modul E					
Arbeitsblätter Modul F						Arbeitsblätter Modul F					

Anregungen/Bemerkungen zu Arbeitsblättern (Bitte geben Sie jeweils die Nr. oder den Titel an):

### 4. Das Projekt-Modul F

war für mich ...  hilfreich und weiterführend  brauchbar  überflüssig

### 5. Das Service-Modul G

war für mich ...  hilfreich und weiterführend  brauchbar  überflüssig

### 6. Für den Einsatzzweck habe ich besonders profitiert von ...

### 7. Für meinen Einsatzzweck waren nicht oder nur beschränkt geeignet ... , weil ...

### 8. Ich habe in der Handreichung vermisst ...

### 9. Berufliche Tätigkeit und Berufshintergrund des Anwenders

Ich bin  Lehrer Schulart.....  
 Fächerkombination.....  
 in der Jugendarbeit und Bildungsarbeit tätig,  
 Tätigkeitsfeld.....  
 in anderen Berufsfeldern tätig.....