

Stoffhaushalt im Ökosystem



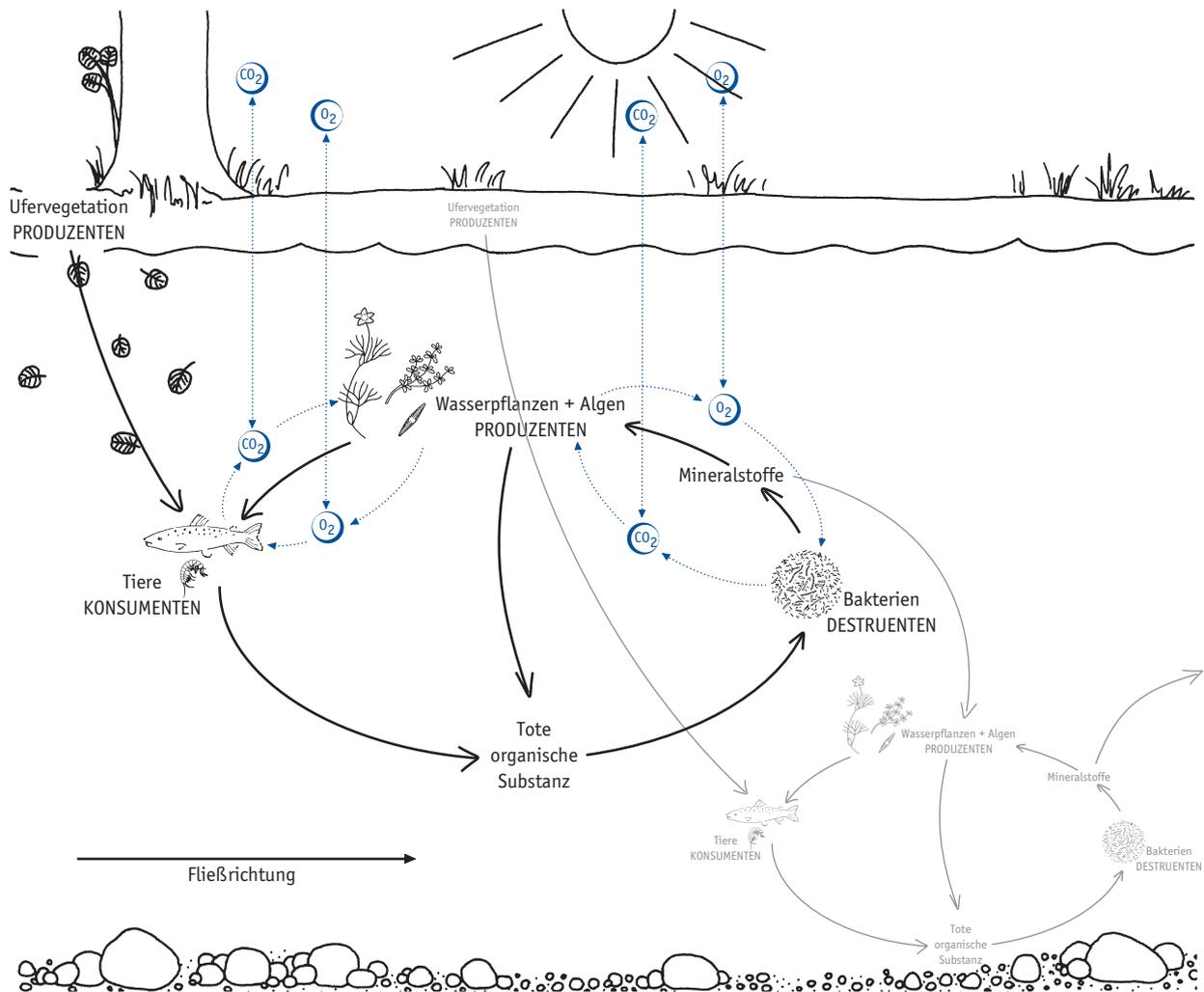
		Klasse 5 bis 7	Klasse 8 bis 10	Klasse 11 bis 13	Projektunterricht Freilandarbeit	Biologie	Chemie	Erdkunde	Politik und Wirtschaft	Geschichte	Deutsch	Kunst/Verken
Sachinformationen zum Thema	▶ 64											
Lehrerinformationen und Schülermaterial												
3.1 Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen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



Stoffhaushalt im Ökosystem

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

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



© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz

Abb. 3-1 Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen in einem Fließgewässer

Stoffhaushalt im Ökosystem



Sonderfall Fließgewässer – Spirale statt Stoffkreislauf

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

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

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

Selbstreinigung in Fließgewässern

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

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

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

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

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

(► KAP. 8 ABWASSERREINIGUNG)



Stoffhaushalt im Ökosystem

Eutrophierung

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

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

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

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

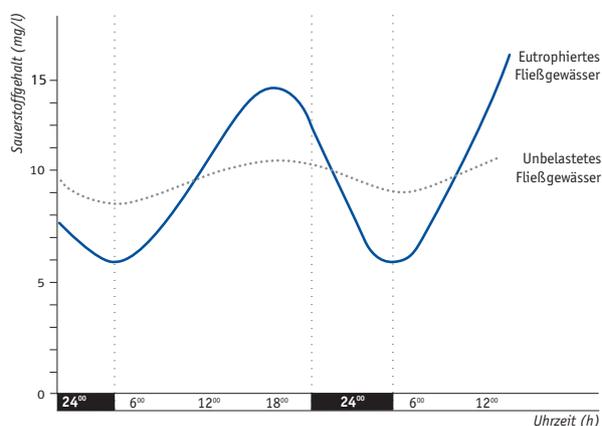


Abb. 3-2 Sauerstofftagesgänge Die Tagesganglinie des Sauerstoffs gibt Auskunft über die Nährstoffbelastung von Fließgewässern. Eine hohe Amplitude mit Sauerstoffübersättigung in den frühen Nachmittagsstunden und Sauerstoffdefiziten in der Nacht sind ein sicheres Zeichen für die Eutrophierung des Gewässers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

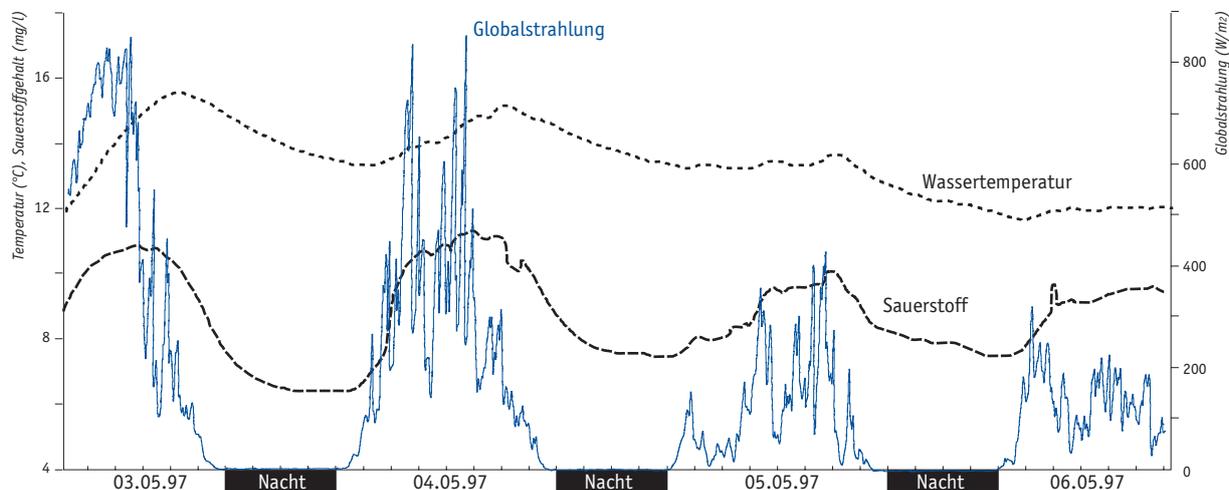


Abb. 3-3 Sauerstoffgehalt, Wassertemperatur und Globalstrahlung in der Oberen Lahn über 4 Tage.

Stoffhaushalt im Ökosystem

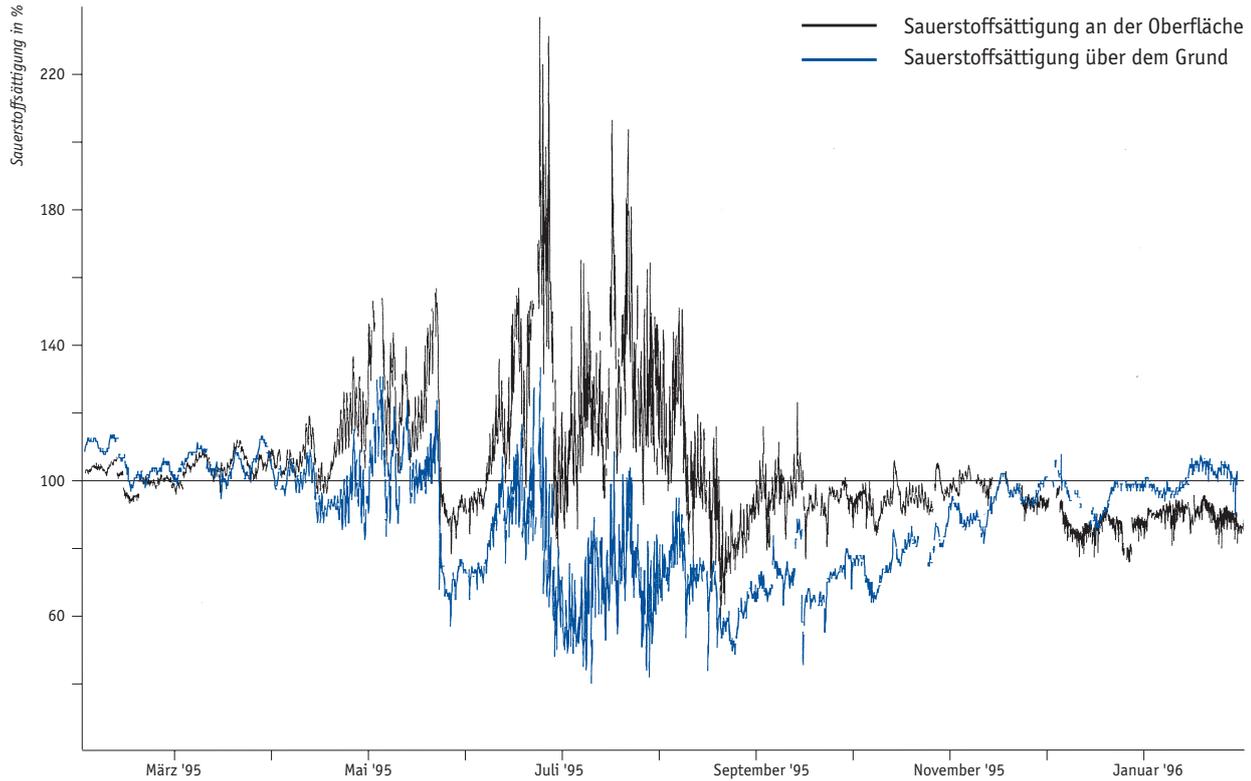


Abb. 3-4 Sauerstoffjahresgang der unteren Fulda (Staustufe Wahnhausen). Die Daten wurden im Rahmen des hessischen Gewässergütemessprogrammes erhoben. (HLFU 1997).



► M 3.1

Stoffhaushalt im Ökosystem

Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen im Fließgewässer

Zielgruppe

Sek. II

Fachbezug

Biologie

Ziele

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

Vorbereitung

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

Durchführung/Aufgabenstellungen

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

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

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

► SACHINFORMATIONEN

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

Vertiefungsmöglichkeiten

● Vergleich mit Ober- und Unterlauf

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

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

Das Nahrungsnetz scheint noch zu funktionieren.

Wovon ernähren sich die Tiere?

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

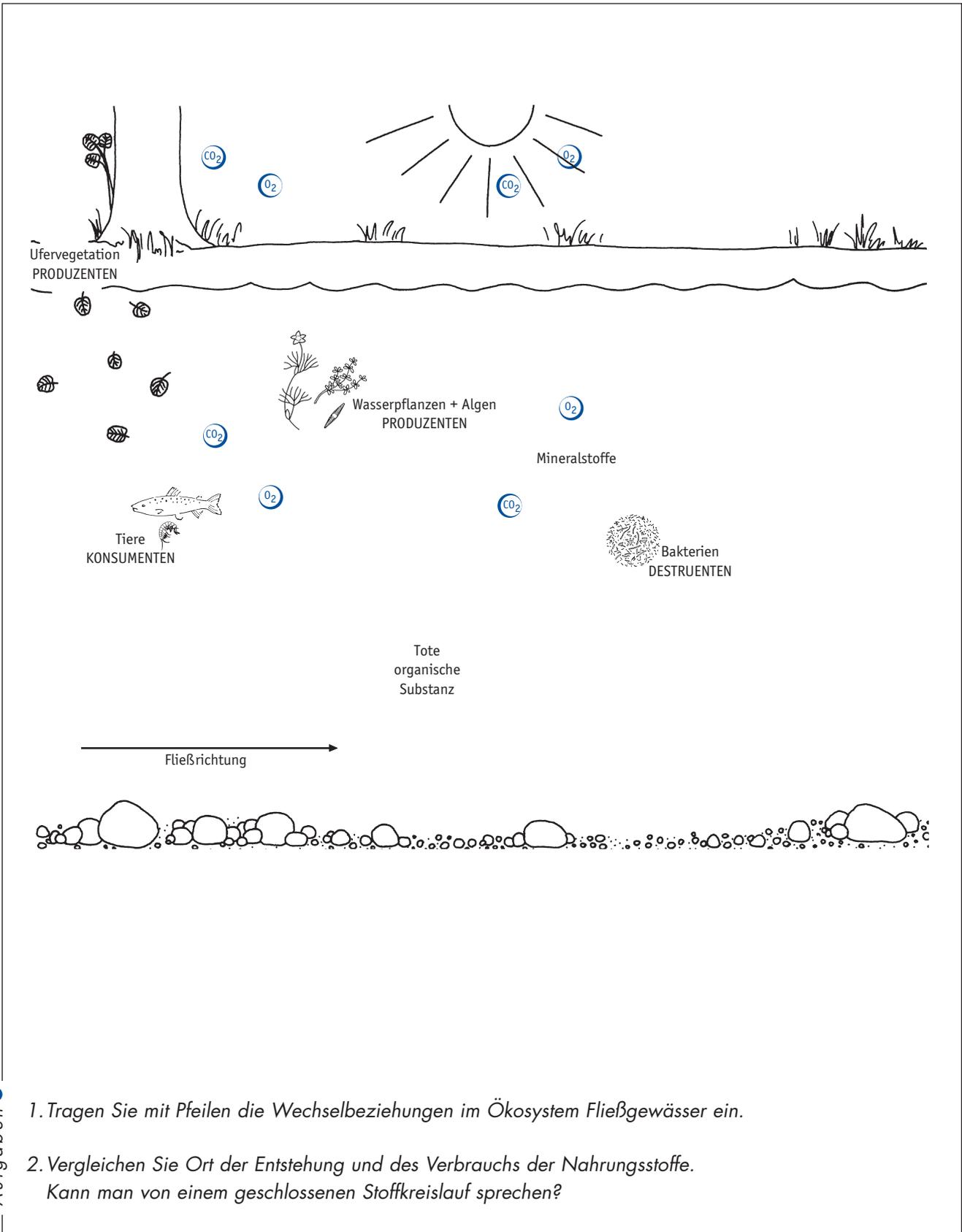
✗ Wie ist die Situation im Unterlauf?

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

Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterialien

► M 2.5 ZONIERUNG EINES FLIESSGEWÄSSERS IM LÄNGSVERLAUF

Stoffumsetzungen und Nahrungsbeziehungen im Fließgewässer



Aufgaben

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



► M 3.2

Stoffhaushalt im Ökosystem

Dynamik des Sauerstoffhaushaltes

Zielgruppe

Sek. II

Fachbezug

Biologie

Ziele

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

Durchführung/Aufgabenstellungen

X *Wie ist der Sauerstofftagesgang:*

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

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

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

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

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

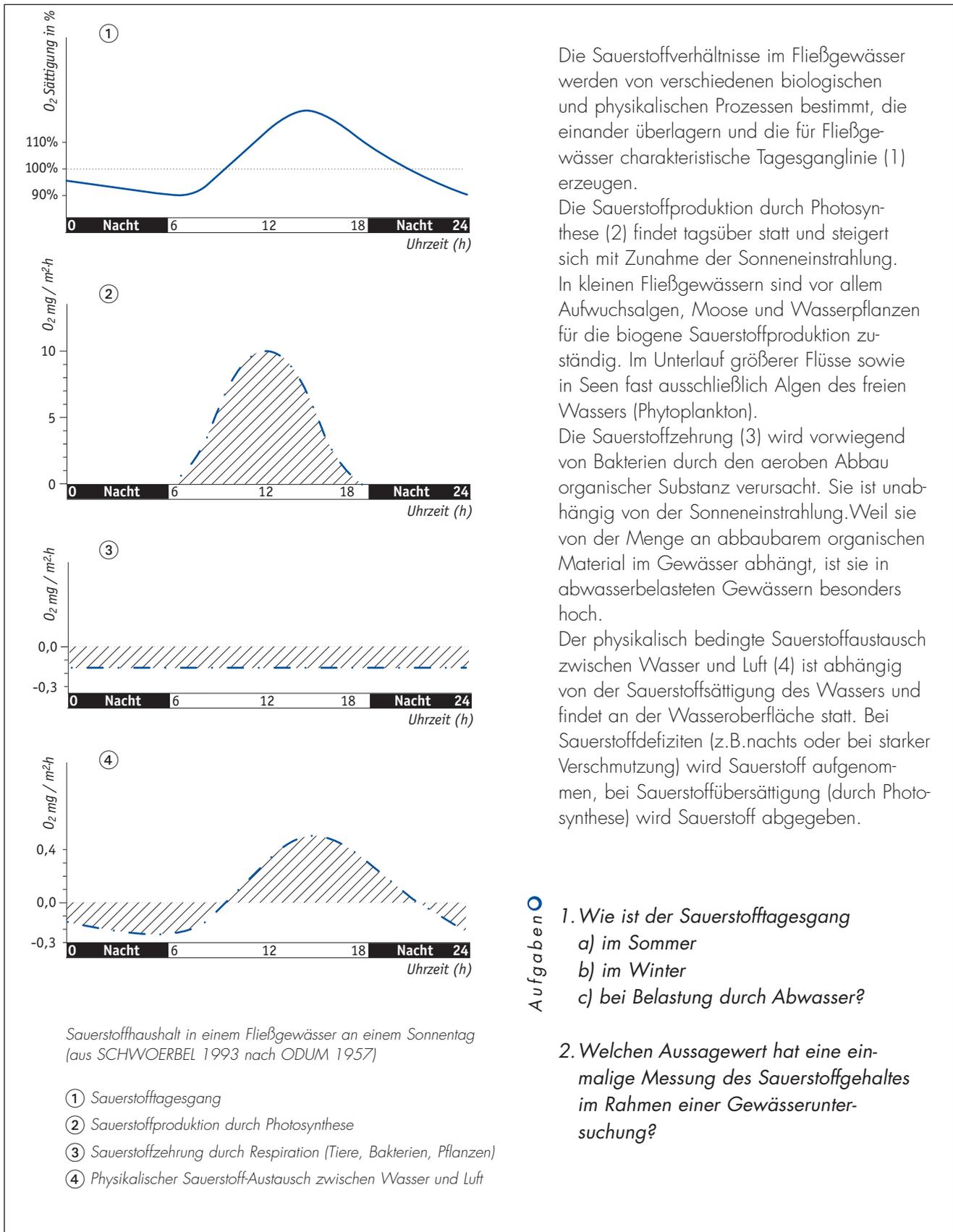
Als zusätzlicher Impuls sollte ► ABB. 3-4 SAUERSTOFFJAHRESGANG DER UNTEREN FULDA hinzugezogen werden.

Vertiefungsmöglichkeiten

● **Freilandarbeit: Sauerstofftagesgänge**

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

Dynamik des Sauerstoffhaushaltes



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

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

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

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

Aufgaben

1. Wie ist der Sauerstofftagesgang
 - a) im Sommer
 - b) im Winter
 - c) bei Belastung durch Abwasser?

2. Welchen Aussagewert hat eine einmalige Messung des Sauerstoffgehaltes im Rahmen einer Gewässeruntersuchung?



► M 3.3

Stoffhaushalt im Ökosystem Selbstreinigung von Fließgewässern

Zielgruppe

Sek. II

Fachbezug

Biologie

Ziele

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

Aufgabenvorschläge

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

► SACHINFORMATIONEN

✗ Welche Stoffe sind in dem Abwasser enthalten?

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

Vertiefungsmöglichkeiten

✗ Wovon hängt die Länge der Selbstreinigungsstrecke ab?

► SACHINFORMATIONEN und ► M 5.4 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DES GEWÄSSERAUSBAUS

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

► ABB. 3-5, nebenstehend

Der erste, sauerstoffzehrende Teil des Selbstreinigungsvorgangs ist in die Kläranlage verlagert worden, die organischen Inhaltsstoffe des Abwassers sind weitgehend mineralisiert. Deshalb sind die stofflichen Veränderungen im Fließgewässer nicht so gravierend. Es macht sich vor allem der erhöhte Nährstoffgehalt (Ammonium und Phosphat) bemerkbar. Der Sauerstoffgehalt nimmt geringfügig durch die Oxidation des Ammoniums zu Nitrat ab (Nitrifikation), um dann etwas anzusteigen, weil durch das erhöhte Nährstoffangebot das Algenwachstum und damit die biogene O₂-Produktion durch Photosynthese gesteigert wird. (Die Tagesschwankungen sind in der Kurve nicht berücksichtigt.)

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

✗ Wie würden die Kurven verlaufen nach der Einleitung von Abwasser, das in einer Kläranlage mit vollständiger Nährstoffelimination behandelt wurde?
Es dürften keine stofflichen Veränderungen im Fließgewässer auftreten, lediglich der Bakteriengehalt dürfte ansteigen. (Fäkalbakterien, s.o.)

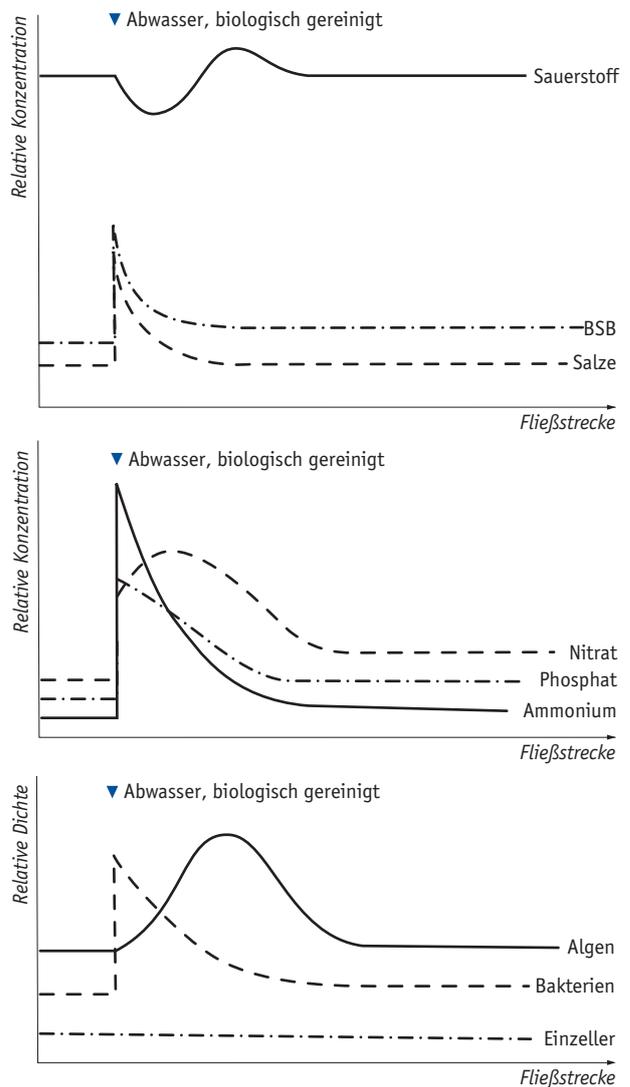


Abb. 3-5 Situation eines Gewässers nach Einleitung von Abwasser aus einer mechanisch-biologischen Kläranlage

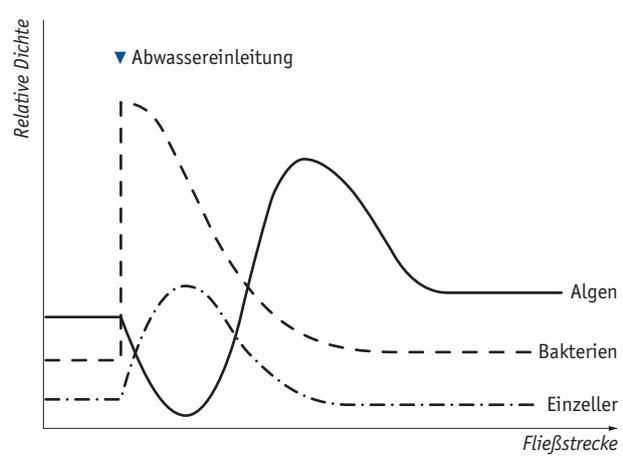
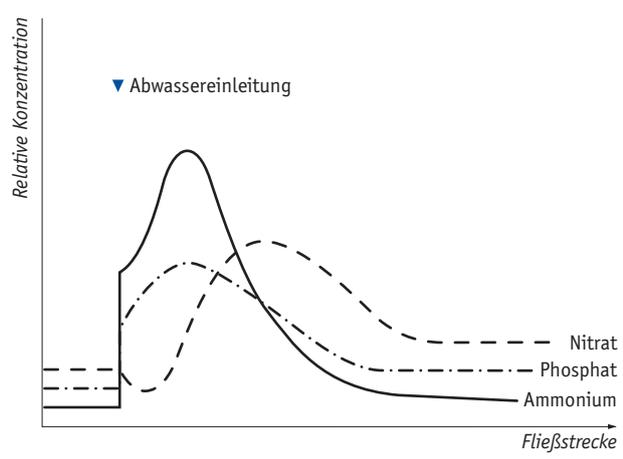
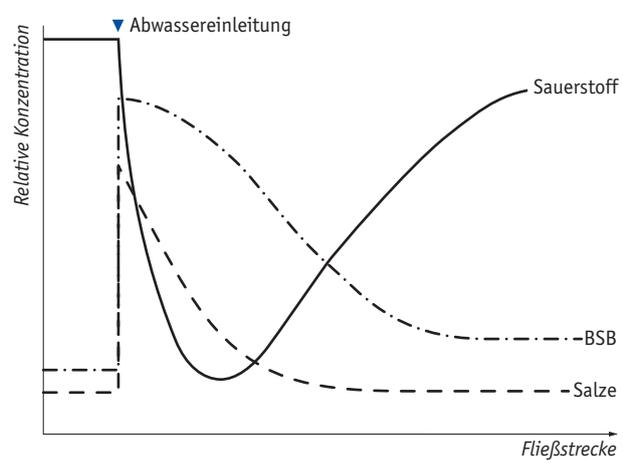
Ergänzungsmaterial

► M 5.4 ÖKOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DES GEWÄSSERAUSBAUS

Literatur

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

Selbstreinigung von Fließgewässern



Aufgaben

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

© Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz



► M 3.4

Stoffhaushalt im Ökosystem

Ein Bach im Jahreslauf

Zielgruppe

Ab Klasse 7

Fachbezug

Biologie, Lernbereich Naturwissenschaften, Projektunterricht

Ziele

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

Material

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

Allgemeine Hinweise

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

Vorbereitung

● Einrichtung der Messstation

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

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

Literatur

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

Anregungen kann auch der Besuch einer Messstation des Hessischen Gewässergütemessprogramms geben. Standort der Messstationen und Hinweise zum Gewässergütemessprogramm unter www.hlug.de.

● Messprogramm und Arbeitsplan festlegen

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

Was wird gemessen und beobachtet?

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

Wann wird gemessen?

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

Wer ist zuständig?

Empfehlenswert ist ein Rotationsverfahren, evtl. in Zweiergruppen.

Welche Geräte werden gebraucht, wo werden sie gelagert?

Verantwortlichkeiten in einem Arbeitsplan festhalten.

Durchführung

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

Auswertung/Vertiefungsmöglichkeiten

● Einbindung in den Fachunterricht Biologie

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

● Messergebnisse graphisch darstellen

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

● Datenaustausch und Vergleich der Ergebnisse

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

Thematische Bezüge/Ergänzungsmaterial

► KAP. 11 ÖKOLOGISCHE BEWERTUNG EINES BACHES

Ein Bach im Jahreslauf – Protokollbogen



Aufgabe O

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

Name der Messstation: _____

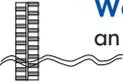
Untersucht von: _____

Datum und Uhrzeit: _____



Witterung _____

Wasserstand _____
an Pegel/Zollstock ablesen



Fließgeschwindigkeit, Fließverhalten _____
Messen oder mit Worten beschreiben



Sichtbare Wasserbeschaffenheit _____
Farbe, Geruch, Besonderheiten

Temperatur _____



Sauerstoffgehalt _____

Leitfähigkeit _____

Beobachtete Tiere _____



Veränderungen an den Pflanzen _____

Sonstiges _____
Beobachtungen/Auffälligkeiten

