

Ökologie

22

Beziehungen zwischen Organismen und Umwelt

S. 350 22.1 Das Vorkommen einer Art hängt von Umweltfaktoren ab

A1 Die Rhizome (unterirdische, verdickte Sprosse) des Ingwers werden bei uns als Gewürz- und Heilpflanze genutzt. Das Alpen-Fettkraut ist eine kleine fleischfressende Pflanze. Die Karte zeigt von beiden Pflanzen die Verbreitungsgebiete. Leiten Sie aus der Karte mögliche Umweltfaktoren ab, die die Verbreitung der Pflanzen bestimmen.

Das Alpen-Fettkraut wächst in arktischen Regionen sowie in Gebirgen. Es muss also Frost gut vertragen. Im Sommer muss es hohe Lichtintensitäten und in den Gebirgen auch Austrocknung vertragen.

Der Ingwer wächst nur in tropischen Regionen mit ausreichendem Wasserangebot, er wird ausgeglichene Temperaturen brauchen und vermutlich nicht frosthart sein. Da es sich nicht um einen Baum handelt, wird die Ingwerpflanze vermutlich auch im Schatten gedeihen.

A2 Erläutern Sie, warum ausgedehnte Korallenriffe nur in ganz bestimmten Meeresregionen vorkommen.

Aufgrund ihrer Temperaturangepasstheiten können Korallenriffe nur in warmen, tropischen oder subtropischen Regionen vorkommen. Ihr Lichtbedarf beschränkt ihr Vorkommen innerhalb dieser Regionen zusätzlich auf lichtdurchflutete obere Wasserschichten. Weitere Einschränkungen erfährt die Verbreitung der Korallenriffe durch ihren erhöhten Mineralstoffgehalt. In den mineralstoffreichen Regionen stehen die Korallen mit schneller wachsenden Algen in Konkurrenz. Aussüßung des Meerwassers (z.B. durch Flussmündungen) oder kalte Meeresströmungen schränken ihr Vorkommen ebenfalls ein.

S. 351 22.2 Organismen zeigen gegenüber Umweltfaktoren eine weite oder enge Toleranz

A1 In dem Diagramm ist die Abhängigkeit der Sumpfdotterblume, des Leberblümchens und des Mauerpfeffers von den Umweltfaktoren Feuchtigkeit und pH-Wert des Bodens dargestellt. Beschreiben Sie die Standortbedingungen der drei Pflanzen unter Einbeziehung der Begriffe stenök und euryök.

Die Sumpfdotterblume wächst nur an recht feuchten Standorten, d.h. sie ist stenök in Bezug auf den Faktor Wasser. Der Präferenzbereich des pH-Wertes ist weit euryök.

Der Mauerpfeffer ist auch anspruchslos (euryök) in Bezug auf den pH-Wert, wächst aber nur an sehr trockenen Standorten (stenök).

Die Leberblümchen sind auf ein mittleres, relativ weites Feuchtigkeitsangebot angewiesen. Sie können als euryök angesehen werden. Der Bodenanspruch liegt klar im alkalischen Bereich, ist aber auch euryök.

A2 Nicht alle Individuen einer Testpopulation bevorzugen den Präferenzbereich. Einige Individuen liegen außerhalb dieses Bereichs. Erklären Sie diesen Befund.

Der Präferenzbereich entspricht in der Regel einem Mittelwert über möglichst viele Individuen einer Population. Naturgemäß gibt es auch Individuen außerhalb dieses Präferenzbereiches. Für eine Population können diese „Außenseiter“ eine Überlebensversicherung sein. Wenn sich die Umweltbedingungen ändern, können diese „Außenseiter“ plötzlich im Vorteil sein und entscheidend zum Erhalt der

Population beitragen. Die unterschiedlichen Anpassungen der Individuen in Bezug auf einen Umweltfaktor müssen letztendlich genetisch bedingt sein.

S. 353 **22.3** Landpflanzen sind an Temperatur und Feuchtigkeit ihres Lebensraums angepasst

A1 Charakterisieren Sie den Lebensraum der Pflanze anhand des abgebildeten Blattes (→ Abb.).

Das Blatt zeigt deutliche Anpassungen an trockene Standorte. Die Blattoberseite hat eine dicke Epidermis und ein dichtes Palisadengewebe. Als Verdunstungsschutz ist die gesamte Blattunterseite mit den Spaltöffnungen stark eingesenkt, Härchen verringern zusätzlich die Verdunstung.

A2 Die Blätter der Rotbuche sind in der Kronenregion kleinflächig und dick, in den unteren Regionen dagegen großflächig und dünn. Erklären Sie diesen Befund. Die Blätter der oberen Kronenregion erhalten mehr Licht als die der unteren Kronenregion. Daher zeigen sie die im Text und in Abb. 1 aufgeführten typischen Anpassungen (dick und kleinflächig) der Pflanzenarten lichtreicher Standorte, während die Blätter der unteren Kronenregion auf das wenige Licht mit dünneren Blättern und größerer Oberfläche reagieren. Im Unterschied zum Textbeispiel, das verschiedene Arten vergleicht, findet man hier unterschiedliche Anpassungen innerhalb eines Organismus.

S. 355 **22.4** Vorkommen und Aktivität von Tieren hängen von der Umgebungstemperatur ab

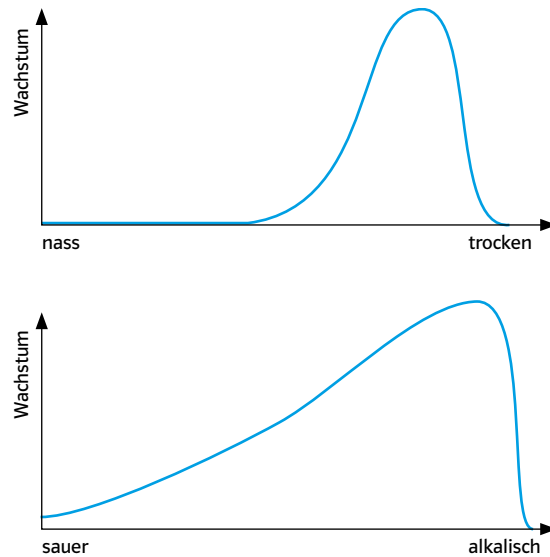
A1 Erläutern Sie, welche Verhaltensweisen Frösche und Kröten zeigen, um in unseren Breiten den Winter zu überleben.

Frösche und Kröten sind poikilotherm, sie brauchen also im Winter Plätze, an denen die Temperatur nicht deutlich unter den Gefrierpunkt sinkt. Dies können Tümpel und Seen sein, die nicht bis zum Boden durchfrieren. Durch den geringen Stoffwechsel reicht die Hautatmung aus. Eine andere Möglichkeit sind Verstecke im Waldboden, wo die Tiere sich eingraben können.

A2 Erklären Sie folgenden Befund: Eine Zauneidechse verzehrt pro Jahr etwa das 2- bis 4-Fache ihrer eigenen Körpermasse, also ca. 20–40 g, während der Rotfuchs bei 6–10 kg Körpermasse mindestens 50 Hasen (ca. 100 kg) pro Jahr frisst. Der Rotfuchs benötigt das 10- bis 15-Fache seiner Körpermasse als Nahrung, um seinen Energiebedarf zu decken, während die Zauneidechse ihren Energiebedarf mit dem 2- bis 4-Fachen ihrer Körpermasse an Nahrung deckt. Die Art der Nahrung (jeweils Fleischfresser) ist ähnlich. Der höhere Energiebedarf des Rotfuchses erklärt sich allein aus der Energie, die er als homoiothermer Organismus zur Aufrechterhaltung seiner Körpertemperatur benötigt. Die Zauneidechse ist poikilotherm und reguliert ihre Körpertemperatur daher nur über bestimmte Verhaltensweisen, nicht aber über aktive Veränderungen ihrer Stoffwechselaktivität. Daher benötigt sie auch viel weniger Energie.

S. 356 **22.5** Die ökologische Nische beschreibt alle Beziehungen einer Art zu ihrer Umwelt

A1 In Abb. 1 sind die Standortansprüche verschiedener Baumarten gegenüber zwei abiotischen Umweltfaktoren dargestellt. Skizzieren Sie für die Rotbuche in Reinkultur zwei getrennte Toleranzkurven, die das Wachstum bei verschiedener Bodenfeuchtigkeit bzw. bei verschiedenen pH-Werten zeigen.



A2 Bei konkurrenzstarken Arten entspricht die Fundamentalnische weitgehend der Realnische. Analysieren Sie Abb. 1 und teilen Sie die Baumarten in konkurrenzstark, mäßig konkurrenzstark und konkurrenzschwach ein. Bei der Rotbuche entspricht die Fundamentalnische (physiologisches Optimum) weitgehend der Realnische. Sie ist die konkurrenzstärkste Art. Die Schwarzerle ist mäßig konkurrenzstark. Sie behauptet sich im nassen pH-neutralen Bereich gegen die Waldkiefer. Die konkurrenzschwachen Arten, Waldkiefer und Stieleiche, hingenen werden an den Rand ihres Toleranzbereiches verdrängt.

S. 357 **22.6** Nicht verwandte Arten können sehr ähnlich, verwandte Arten sehr unähnlich sein

A1 Ordnen Sie den folgenden Ausdrücken die korrekten Begriffe zu: „Ähnlichkeit ohne Verwandtschaft“ und „Unähnlichkeit trotz Verwandtschaft“. Nennen Sie je ein Beispiel.

„Ähnlichkeit ohne Verwandtschaft“ = ökologische Konvergenz, z.B. Kolibri und Nektarvögel

„Unähnlichkeit trotz Verwandtschaft“ = adaptive Radiation, z.B. Galapagosfinken

A 2

a. In den Wüsten Amerikas und Afrikas findet man jeweils Pflanzen mit dicken wasserspeichernden Stämmen, sogenannte Stammsukkulente. Informieren Sie sich über Stammsukkulente Amerikas und Afrikas und finden Sie Belege für eine ökologische Konvergenz.

b. Erklären Sie, warum die Kakteen Amerikas und die Wolfsmilchgewächse Afrikas so ähnlich gebaut sind. Verwenden Sie auch die Ausführungen in → 22.3 als Hilfe.

a. Beide Gruppen von Pflanzen kommen in heißen und trockenen Klimaregionen vor. Ihr Bau muss sie vor allem vor Austrocknung schützen. Wie die Pflanzen heller, warmer Standorte (→ 22.3) bilden sie daher dicke, fleischige Gewebe (hier der Stamm) mit einem möglichst geringen Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Eine weitere Möglichkeit, die Verdunstung zu minimieren, besteht darin, die Spaltöffnungen zu versenken und mit haarartigen Fortsätzen zu umstellen (→ Abb. 1 auf S. 352 im Schülerbuch).

b. Die Stammsukkulente Amerikas sind die Kakteen, die Stammsukkulente Afrikas die Wolfsmilchgewächse (Euphorbien). Äußerlich sind sie vom Wuchs her kaum zu unterscheiden. Die sehr unterschiedlich aufgebauten Blüten deuten jedoch darauf hin, dass Kakteen und Wolfsmilchgewächse nicht näher miteinander verwandt sind.

S. 359 **22.7** Der Körperbau von Tieren ist auch an die Klimazone angepasst**A 1**

Nach den Regeln von Bergmann und Allen sollten Flusspferde in kalten Regionen vermutet werden. Tatsächlich leben sie aber in warmen Gebieten südlich der Sahara. Informieren Sie sich über die Lebensweise der Flusspferde und zeigen Sie auf, warum sie gut an ihren Lebensraum angepasst sind.

Flusspferde haben einen sehr massigen Körper mit kurzen Extremitäten. Bei hohen Außentemperaturen könnte die Gefahr der Überhitzung bestehen. Flusspferde halten sich aber tagsüber im Wasser auf. Durch die höher liegenden Nasenlöcher können sie ganz untergetaucht den Tag verbringen. Wasser leitet gut die Körperwärme ab. Sie gehen nur nachts auf Nahrungssuche und sind dann nicht der Sonnenstrahlung ausgesetzt.

A 2

Erklären Sie folgende Phänomene:

(1) Sibirische Tiger erreichen 400 kg, Bengaltiger 300 kg und Sumatratiger 200 kg Körpermasse.

(2) Große Säugetierarten, wie z. B. der Elefant oder das Pferd, haben einen wesentlich geringeren Energieumsatz pro kg Körpermasse als kleine Säugetierarten, wie z. B. Spitzmäuse (→ Abb. 3 auf S. 91 im Schülerbuch).

(1) Der Sibirische Tiger hat den Körper mit dem größten Volumen im Verhältnis zur Oberfläche und damit den geringsten Körperwärmeverlust. Er kann daher am besten mit kalten Temperaturen zurechtkommen. Der kleine Sumatratiger hingegen hat eine große Oberfläche zu einem relativ kleinen Körpervolumen und kann daher gut Körperwärme an seine Umgebung abgeben. Er ist daher besser an höhere Umgebungstemperaturen angepasst; der Bengaltiger liegt dazwischen (vgl. Bergmann-Regel).

(2) Die großen Arten haben einen geringeren Körperwärmeverlust an ihre Umgebung als kleinere Arten. Daher benötigen sie pro kg Körpermasse weniger Energie zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur. Bei gleicher Umgebungstemperatur führt das gegenüber kleinen Arten zu einem geringeren Energieumsatz pro kg Körpermasse.

Kombiniere!

A1 Die Schamblume *Aeschynanthus speciosus* (→ Abb. 1) wächst ohne zu schmarotzen auf Regenwaldbäumen in Südasiens. Durch diese Lebensweise als „Aufsitzer“ (Epiphyt) hat sie nur wenige Wurzeln in Astgabeln und damit eine unregelmäßige Wasserzufuhr. Die dickfleischigen Blätter sitzen paarig an herunterhängenden Zweigen. Die Spaltöffnungen liegen in der unteren Epidermis.

- Benennen Sie die Blattstrukturen in Abb. 2.
 - Vergleichen Sie sie mit denen eines Buchenblatts.
 - Deuten Sie die Unterschiede anhand der Standortbedingungen der beiden Pflanzenarten.
- a.** **a** Kutikula, **b** obere Epidermis, **c** Wasserspeichergewebe, **d** Palisadenparenchym, **e** Leitbündel (genauer: Xylem)
- b.** Alle Gewebetypen, die im Buchenblatt vorkommen, gibt es auch bei der Schamblume. Lediglich zwischen der oberen Epidermis und dem Palisadenparenchym findet sich eine dicke Schicht mit Wasserspeichergewebe. Dabei handelt es sich um große Zellen ohne besondere Strukturen. Auch die Schichtung von Palisadenparenchym, Schwammparenchym und unterer Epidermis stimmt überein.
- c.** Da es sich um einen Epiphyten handelt, der ohne großes Wurzelgeflecht in Astgabelungen verankert ist, ist die Wasserzufuhr unregelmäßig. Wasser muss daher gespeichert werden. Da das Palisadenparenchym unterhalb der Wasserspeichergewebe liegt, ist zu vermuten, dass die Schamblume in den oberen Baumschichten wächst, wo genügend Licht zur Verfügung steht.

A2 Küchenschaben und Heimchen (eine Grillenart) sind Kulturfolger. Sie leben oft in Vorratslagern, wo sie sehr flexibel bei der Nahrungswahl sind. Sie fressen alles, was nicht zu hart ist, egal ob Aas, pflanzliche Nahrung oder Kleingetier. In einem Experiment wurden Exemplare so gehalten, dass sie ihren Aufenthalt in unterschiedlichen Temperaturbereichen wählen können. Man zählte aus, wie viele Tiere welche Temperatur bevorzugten. Das Experiment lieferte die im Diagramm in Abb. 3 gezeigten Ergebnisse.

- Beschreiben Sie die Ergebnisse und verwenden Sie dabei die entsprechenden Fachbegriffe.
 - Erklären Sie, welche Rückschlüsse sich anhand der Kurven auf die natürlichen Verbreitungsgebiete ziehen lassen. Diskutieren Sie, ob es möglich ist, dass die Tiere zueinander in Konkurrenz treten.
- a.** Das Temperaturminimum der Schaben liegt bei ca. 27,5 °C, das der Heimchen sogar bei 31 °C. Der Optimumbereich liegt dementsprechend auch bei den Schaben niedriger, bei ca. 30 °C, das der Heimchen bei 35 °C. Das Temperaturmaximum der Schaben liegt bei 34 °C, das der Heimchen entsprechend höher bei 41 °C. Insgesamt liegt der Präferenzbereich der Schaben bei ca. 30 – 32 °C, ihr Toleranzbereich bei ca. 27,5 – 34 °C. Der Präferenzbereich der Heimchen liegt deutlich höher bei ca. 34 – 38 °C und ihr Toleranzbereich bei ca. 31 – 35 °C.
- b.** Beide sind sehr wärmeliebend und stammen ursprünglich aus wärmeren Gegenden. Dabei bevorzugt das Heimchen noch deutlich wärmere Lebensräume. Als Kulturfolger werden beide kaum außerhalb von Gebäuden vorkommen. Da auch in Vorratslagern in unseren Breiten kaum die optimale Temperatur für das Heimchen vorkommt, wird es sich meist in kühleren Bereichen unterhalb seines Optimums aufhalten müssen. Bei gleichem Nahrungsspektrum kann es dann in Konkurrenz zur Schabe treten, dort wird vermutlich die Schabe konkurrenzstärker sein, da sie eher in ihrem Optimum leben kann.

A3 In Deutschland gibt es fast keine natürlichen Wälder mehr. Die vorhandenen Waldbäume sind meist durch die Forstwirtschaft angepflanzt. Dabei müssen in gewissem Rahmen die Standortansprüche der Bäume berücksichtigt werden. So findet man Buchenwälder häufig auf kalkhaltigen, eher feuchten Böden (z. B. Eichsfeld in Thüringen, Kellerwald Hessen). Reine Kiefernwälder gedeihen auch auf Sandböden (z. B. in Mecklenburg oder Brandenburg).

a. Übertragen Sie die Tabelle aus Abb. 4 in Ihr Heft und ordnen Sie die unten angegebenen Messwerte abiotischer Umweltfaktoren (Standort A, Standort B) dem Kiefern- oder Buchenwald zu (die Messungen erfolgten mittags am Waldboden). Begründen Sie Ihre Zuordnung für die verschiedenen Umweltfaktoren.

b. Wäre es auch möglich, Kiefernwälder auf den Standorten der Buchenwälder in Thüringen und Buchenwälder in Mecklenburg erfolgreich anzupflanzen? Ziehen Sie für eine Begründung auch die Abb. 1, S. 352, heran.

a.

Faktoren	Freiland	Kiefernwald	Buchenwald
Temperatur der Bodenoberfläche	23 °C	19 °C	17 °C
Lichtintensität am Boden	100 %	75 %	10 %
Niederschlag am Boden	22 mm	14 mm	12 mm
Luftfeuchtigkeit	15,6 g / cm ³	16,3 g / m ³	20,6 g / m ³

In einem Buchenwald ist ein geschlossenes Blätterdach vorhanden, dadurch kommt sehr viel weniger Licht am Boden an als in einem Kiefernwald. Das Blätterdach verringert die Verdunstung, daher ist es am Boden kühler und die Luftfeuchtigkeit ist höher. Die große Oberfläche der Blätter hält auch einen Teil des Niederschlags zurück, der wieder verdunstet, ohne am Boden angekommen zu sein.

b. Die Kiefer hat einen recht großen Toleranzbereich gegenüber der Feuchtigkeit. Kiefern werden in Thüringen oder im Kellerwald, wenn sie dort flächig angepflanzt werden, recht gut wachsen. Auf trockenen, sandigen Böden kann die Buche nur schlecht wachsen, ein Anbau wird sich dort nicht lohnen.

23

Wechselwirkungen innerhalb von Lebensgemeinschaften

S. 363 **23.1** Zwischen Arten einer Lebensgemeinschaft bestehen vielfältige Wechselbeziehungen

A1 Blattläuse und ihr Honigtau sind als Nahrungsquelle wichtig für viele Insektenarten. Doch können Blattläuse beim Gemüseanbau zu erheblichen Ertragsminderungen führen. Erläutern Sie zwei biologische Methoden, wie sich die Zahl der Blattläuse kontrollieren lässt.

Negative Auswirkungen auf die Anzahl der Blattläuse haben z. B. Marienkäfer und ihre Larven, da sie Blattläuse fressen. Entsprechendes gilt, wenn die Zahl von insektenfressenden Vögeln erhöht wird (Räuber-Beute-Beziehung). Schlupfwespen sind Parasiten, die ihre Eier in den Blattläusen ablegen und diese abtöten.

A2 Schneehühner suchen die Nähe von Rentierherden, da die Rentiere bei ihrer Nahrungssuche schneefreie Stellen schaffen. Diese nutzen die Schneehühner für die Nahrungssuche. Ordnen Sie diese Wechselbeziehung einem der in Abb. 1 aufgeführten Typen zu und begründen Sie Ihre Entscheidung.

Die Schneehühner haben durch das Zusammenleben mit den Rentieren einen Vorteil (+), während die Rentiere keinen erkennbaren Vor- oder Nachteil haben (0). Es handelt sich daher um eine Parabiose.

S. 365 **23.2** Ein Nahrungsnetz ist aus Produzenten, Konsumenten und Destruenten aufgebaut

A1 Die Nacktschnecken unserer Gärten haben ein breites Nahrungsspektrum. Einerseits können sie über Nacht alle frisch gesetzten Pflänzchen vertilgen, andererseits fressen sie auf dem Komposthaufen die verwelkten Blätter und Blüten von Stauden. Diskutieren Sie für die Nacktschnecken die Einordnung in das System der Trophiestufen.

Wenn sich eine Nacktschnecke von frischen Blättern ernährt, wird sie zu den Herbivoren, also Primärkonsumenten gerechnet. Wenn sie auf dem Komposthaufen totes organisches Material frisst, gehört sie zu den Destruenten. Eine eindeutige Zuordnung zu einer Trophiestufe ist also nicht möglich.

A2 Bis etwa 1850 war der Wolf in Deutschland ein Glied im Nahrungsnetz des Waldes. Der letzte wurde 1904 erschossen. Seit etwa 2000 beginnt er zurückzukehren. Er ernährt sich vorwiegend von Rehen, Rothirschen und Kaninchen. Ordnen Sie ihn mithilfe von Abb. 1 einer trophischen Ebene zu und vergleichen Sie ihn mit dem Fuchs.

Der Wolf ernährt sich vorwiegend von Pflanzenfressern (Primärkonsumenten). Er gehört daher zu den Sekundärkonsumenten. Der Fuchs hingegen ist nicht nur Sekundär-, sondern auch Tertiärkonsument.

S. 366 **23.3** Tarnen, Täuschen und Abschrecken sind Spezialmittel gegen Fressfeinde

A1 In der Biologie gibt es nicht nur „Wölfe im Schafspelz“, sondern auch „Schafe im Wolfspelz“. Nennen Sie zu beidem die biologischen Fachbegriffe. „Schafe im Wolfspelz“ sind harmlose Arten mit „gefährlich“ anmutender „Verkleidung“. Der entsprechende Fachbegriff lautet Mimikry (Scheinwartracht). Trägt hingegen eine gefährliche Art die Tracht einer harmlosen Art, spricht man von Locktracht.

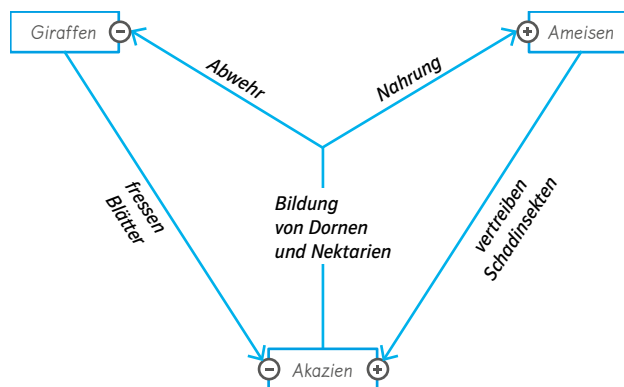
A2 Auch Pflanzen können sich vor dem „Gefressenwerden“ schützen. Sie können sich z.B. durch Dornen oder Giftstoffe wehren. Giraffen in der afrikanischen Savanne fressen gern die Blätter von Akazien, die aber unterschiedlich lange Dornen haben. Es wurde die Dornenlänge an Akazienbäumen bei An- und Abwesenheit von Giraffen untersucht (→ Abb. S. 367 oben).

a. Deuten Sie das Diagramm.

b. Weitere Untersuchungen zeigten aber, dass die Akazienbäume beim Fehlen der Giraffen deutlich schlechter wachsen. Recherchieren Sie, welche Untersuchungen durchgeführt wurden, und stellen Sie den Zusammenhang zwischen den beteiligten Organismen in einer Concept-Map dar.

a. Ohne Anwesenheit von Giraffen ist die Dornenlänge bei den Akazienbäumen in allen Kronenbereichen nahezu gleich kurz. Wenn Giraffen an den Akazienbäumen fressen können, sind die Dornen bis in vier Meter Höhe deutlich länger. In den Kronenbereichen, die Giraffen nicht mehr erreichen (ab ca. 5 Metern), sind die Dornen wieder deutlich kürzer. Dies deutet darauf hin, dass die Bildung längerer Dornen als Abwehr durch die Giraffen selbst induziert wird.

b. mögliche Schülerlösung:



S. 369 **23.4** Parasiten schädigen ihren Wirt, töten ihn aber meist nicht

A1 Viren wie Grippe- oder Ebola-Viren haben unterschiedliche Strategien der Vermehrung. Diskutieren Sie dies anhand der Konzeptüberschrift.

Grippeviren schädigen den Wirt nur für eine begrenzte Zeit. Die Ansteckung ist über Tröpfchen in der Luft sehr effektiv. Sie entgehen der Immunität der Wirte nach überstandener Erkrankung durch ständige Veränderung.

Ebola-Viren schädigen den Wirt massiv, da 40 - 50 % bei einer Erkrankung sterben, die hohe Infektionsrate sichert zunächst die Verbreitung. Bei Isolierung der Erkrankten bricht die Erkrankungswelle aber auch schnell wieder zusammen. Es wurde nachgewiesen, dass sich Ebola-Viren aber in Augen- oder Spermenflüssigkeit noch lange nachweisen lassen. Es wird vermutet, dass es so auch wieder zu neuen Infektionen kommen kann.

A2 Verdeutlichen Sie den Satz von Charles Elton an je einem Beispiel.

Räuber töten ihre Beute und fressen sie auf. Katzen fangen Mäuse, fressen sie und dezimieren daher die Individuenzahl. Flöhe, die sich von dem Blut von Katzen oder auch Mäusen ernähren, dezimieren nicht die Anzahl von Katzen oder Mäusen, aber sie schwächen ihre Vitalität, da sie ihnen Ressourcen entziehen.

S. 371 **23.5** Symbiotische Arten profitieren voneinander

A1 Suchen Sie auf Ihrem Schulgelände nach Flechten und beschreiben Sie die Lebensräume. Erläutern Sie, wieso die Flechten an den entsprechenden Orten wachsen können.

Flechten sind z. B. auf Mauern oder Wegeplatten als dunkle oder auch farbige Flecken zu finden. Der Lebensraum zeichnet sich durch extreme Bedingungen aus. Wegeplatten können sich bei Sonneneinstrahlung sehr stark aufheizen und sind dann auch absolut trocken.

Der Pilz schützt die Alge in gewissem Maße vor Austrocknung und liefert Mineralstoffe. Sofern Feuchtigkeit vorhanden ist, kann die Alge durch Fotosynthese Kohlenhydrate produzieren. Aufgrund der extremen Bedingungen ist das Wachstum sehr gering.

A2 Diskutieren Sie, ob es sich beim System Mensch — Haushund um eine Symbiose handelt.

Das System Mensch — Haushund hat Züge einer Symbiose. In seinen ursprünglichen Funktionen (Jagd-, Wach-, Hirtenhund) profitieren beide Arten voneinander. Allerdings ist die Symbiose nicht zwangsläufig: Beide Arten können auch ohne die andere Art existieren (abgesehen von stark domestizierten Hunderassen).

S. 373 **23.6** Konkurrierende Arten können einander verdrängen

A1 Aus der Abb. 1, S. 355, ist ersichtlich, dass die Waldkiefer nur am Rande ihrer Fundamentalnische vorkommt. Analysieren Sie mithilfe der Tabelle die Gründe hierfür. Beachten Sie dabei, dass der Lichteinfall am Boden im Sommer in einem Eichenwald 4 % und in einem Buchenwald 1,6 % beträgt.

Kiefern benötigen für ihre Entwicklung im Jugendstadium viel Licht. In einem Buchenwald ist es am Boden so dunkel, dass junge Kiefernbaumchen nicht wachsen können, während Buchenkeimlinge auch bei sehr geringem Lichtangebot wachsen können. Kiefern können also nur dort wachsen, wo die Bedingungen für die Buche in Bezug auf Feuchtigkeit oder pH-Wert zu schlecht sind.

A2 Betrachten Sie das System Steinkoralle — Zooxanthelle unter dem Aspekt der Raumkonkurrenz. Geben Sie mithilfe der Informationen aus Abb. 2, S. 348 an, ob das Vorkommen der Steinkorallen abiotisch oder biotisch kontrolliert ist.

Steinkorallen konkurrieren vor allem mit Algen um den zur Verfügung stehenden Besiedlungsraum (→ 22.1, Abb. 1). Die Steinkorallen sind den Algen dabei nur überlegen, wenn die Mineralstoffkonzentration gering ist; bei hohen Mineralstoffkonzentrationen ist die Steinkoralle in Konkurrenz zu Algen unterlegen. Die Alge wird also durch den abiotischen Faktor „Mineralstoffkonzentration“ kontrolliert, während die Steinkoralle durch den biotischen Faktor „Algenkonkurrenz“ kontrolliert wird.

S. 375 **23.7** Ressourcenaufteilung verringert die innerartliche Konkurrenz

A1 Löwen leben meist in Rudeln mit einer Rangordnung. Die Löwinnen sind standorttreu und jagen kooperativ in Gruppen. Die Männchen sichern das Revier vor Eindringlingen. Männliche Junglöwen verlassen das Rudel, wenn sie mit 2–3 Jahren erwachsen sind und streifen in festen Kleingruppen, sogenannten Männerclans, umher. Bei entsprechender Stärke versuchen sie gemeinsam ein Rudel, d. h. einen Weibchenclan und sein Territorium zu übernehmen. Dabei kommt es zu heftigen Kämpfen, die zum Teil auch tödlich ausgehen. In der Regel kann so ein Männerclan ein Rudel nur 2–3 Jahre halten, ehe es wieder vertrieben wird. Erläutern Sie die Bedeutung der Rangordnung für die Konkurrenzsituation innerhalb des Rudels. Inwiefern unterscheidet sich davon die Konkurrenzsituation zwischen den Männerclans?

In einem Rudel wird die Rangordnung über (meist unblutige) Kämpfe geregelt. Damit wird auch der Zugang zur Nahrung längerfristig geregelt. Dies ist ressourcenschonend. Zwischen verschiedenen Rudeln herrscht eine ständige Konkurrenz, die durch Revierabgrenzungen gemildert werden kann. Markierungen an den Reviergrenzen erfolgen oft mit Urin.

A2 Viele Arten zeigen Revierbildung. Erläutern Sie Vorteile eines solchen Verhaltens.

Revierbildung ist insbesondere dann zu beobachten, wenn die Ressourcen knapp werden und trotzdem die Vermehrung und damit der Fortbestand der Population gesichert werden muss. Es ist dann sinnvoll, dass besonders starke Individuen Reviere besetzen und erfolgreich verteidigen, um für möglichst viele Jungtiere die Entwicklung zu sichern.

Kombiniere!

A1 Im Übergangsbereich verschiedener Biotope, hier Wald und Acker, sind häufig besonders viele Arten anzutreffen, die in ein dichtes Beziehungsgeflecht eingebunden sind. Auch wenn sie nur selten beobachtet werden können, gehören Wildkatze und Schleiereule auch in diesen Lebensraum.

a. Erläutern Sie die biologischen Zusammenhänge zwischen den dargestellten Arten (→ Abb. 1) unter Verwendung der entsprechenden Fachbegriffe für Nahrungsbeziehungen.

b. Informieren Sie sich über Biotop-Ansprüche und Jagdverhalten von Wildkatze und Schleiereule und ordnen Sie sie begründet in das System ein.

c. Erläutern Sie mögliche Gründe, warum Wildkatze und Schleiereule bei uns so selten sind.

a. Getreide, Kartoffelblätter und auch die Wurzeln von Pflanzen gehören zu den Produzenten. Feldhamster, Rebhuhn, Feldmaus und Kartoffelkäfer sind Herbivore bzw. Primärkonsumenten. Da das Rebhuhn auch Kartoffelkäfer frisst, wäre es gleichzeitig auch ein Sekundärkonsument. Feldgrille und Engerlinge fressen unterirdische Teile von Pflanzen, sie sind daher auch Primärkonsumenten. Spitzmäuse und Maulwürfe sind als Insektenfresser Sekundärkonsumenten. Fuchs und Mäusebussard stehen an der Spitze als Tertiärkonsumenten. Da sie ein ähnliches Beutespektrum haben, sind sie auch Konkurrenten. Die Konkurrenz wird durch unterschiedliche Jagdzeiten gemildert.

b. Wildkatzen benötigen ein reich strukturiertes Biotop mit vielen Waldrandzonen, d.h. die Wälder brauchen viele Lichtungen. Sie fressen vor allem Mäuse, im Winter auch Kaninchen, Hasen oder Vögel. Durch die Art der Beute und die Jagdzeit treten Wildkatzen in Konkurrenz zu Füchsen.

Schleiereulen nisten in alten Scheunen, Kirchtürmen oder leerstehenden Gebäuden. Sie jagen nachtaktiv auf Weiden oder Feldern in strukturierter Landschaft. Die Nahrung besteht zum größten Teil aus Kleinsäugern wie Mäusen. Bussard und Schleiereule haben zwar ein ähnliches Beutespektrum, jagen aber zu unterschiedlichen Tageszeiten. Eine Konkurrenz wird hier weitgehend vermieden.

c. Wildkatzen sind selten, da ihr Lebensraum, reich strukturierte Wälder, in denen sie Nahrung und geschützte Plätze für die Jungenaufzucht finden, selten geworden sind. Auch bei den Schleiereulen fehlen die Brutplätze. In modernen Scheunen finden sie meist keine Einfluglöcher und ruhige Plätze mehr. Durch große Felder ohne Hecken fehlt auch Nahrung.

A2 Die Schlupfwespe *Cotesia glomerata* legt ihre Eier bevorzugt in die Raupen des Kohlweißlings. Die Larven der Schlupfwespe fressen die Raupen von innen auf, wobei die Raupe längere Zeit am Leben bleibt, sich aber nicht mehr verpuppen kann. Da die Verpuppung unterbleibt, kann die Fraßzeit der Raupen sogar länger als normal sein. Die Schlupfwespe *Copidosma truncatellum* soll zur Bekämpfung der Kudzu-Bohne in den USA eingesetzt werden. Dieses aus Südostasien stammende Schmetterlingsblütengewächs überwuchert schnell große Gebiete und bringt so vor allem viele Nutzpflanzen zum Absterben. In Feldversuchen kann eine Spannerraupe zwar die Kudzu-Bohnen abfressen, da die Raupe aber normalerweise auch die benachbarten Sojafelder kahlfrisst, verbot sich der weitere Einsatz. Forscher setzten jetzt nur Spannerraupen aus, die vorher mit der Schlupfwespe infiziert wurden.

a. Erläutern Sie die Beziehungen zwischen Kohlblatt, Kohlweißling und der Schlupfwespe in Bezug auf die Trophiestufen und die biotischen Wechselbeziehungen.

b. Klären Sie auch hier die Beziehungen untereinander und begründen Sie die Notwendigkeit für diese aufwendige Bekämpfung der Kudzu-Bohne.

a. Die Kohlblätter sind Produzenten, die von den Raupen als Herbivore gefressen werden. Die Raupen sind die Beute von Schlupfwespen. Da diese kleiner sind als die Beute, werden sie eher als Parasiten denn als Räuber bezeichnet. Die Schlupfwespen wirken sich also positiv auf die Menge der Kohlblätter aus.

b. Die Kudzu-Bohne ist der Produzent, der von der Raupe gefressen wird. Eigentlich würde sich hier auch die Schlupfwespe durch die Dezimierung der Raupen positiv auf den Bestand der Kudzu-Bohne auswirken. Da aber die Raupen keine Nahrungsspezialisten sind, würden sie bei ungehinderter Vermehrung auch die Sojapflanzen abfressen.

Daher müssen die Raupen jeweils in großer Menge im Labor gezüchtet und mit der Schlupfwespe schon vor dem Aussetzen infiziert werden. So kann sichergestellt werden, dass die Raupen nur die Kudzu-Bohnen fressen und keine neue Generation der Raupen gebildet werden kann. Positiv wirkt sich hierbei aus, dass durch die Parasitierung keine Verpuppung stattfindet und die Raupen länger fressen.

A3 Die Gezeitenzonen der felsigen Küsten im Nordwesten der USA bieten vielen Arten einen Lebensraum. Zur genaueren Untersuchung der Beziehungen der Arten untereinander wurden in langjährigen Forschungsprojekten aus einigen Versuchsflächen die Seesterne entfernt und die Artenvielfalt im Vergleich mit Kontrollflächen beobachtet. Der Seestern *Pisaster* lebt räuberisch von vielen verschiedenen Arten (→ Abb. 2). Ohne die Räuber sank die Anzahl der Arten von 15 auf 8, wobei sich Miesmuscheln und Entenmuscheln besonders vermehrten. Miesmuscheln, Seepocken und Entenmuscheln sind festsitzende Filtrierer, die Schnecken weiden festsitzende Mikroorganismen ab. Stellen Sie eine begründete Hypothese auf, wie es durch den Wegfall des Räubers zu der veränderten Artenzusammensetzung bei der Beute kommen kann.

Die Miesmuschel und die Entenmuscheln können sich schneller vermehren und verdrängen so die sich langsamer vermehrenden Arten. Die Muscheln haben einen Konkurrenzvorteil. Das größere Vermehrungspotenzial wurde durch den Seestern begrenzt, da sie vermehrt gefressen wurden. Dadurch hatten die anderen Arten bessere Chancen, sich in dem Lebensraum zu vermehren.

S. 379 **24.1** Die Umweltkapazität begrenzt das Wachstum einer Population

A1 Der Nahrungsvorrat in einem Getreidespeicher könnte für ein Mäusepaar ein exponentielles Wachstum für einen verhältnismäßig langen Zeitraum sicherstellen. Nennen Sie Gründe, warum sich trotzdem schon relativ schnell ein logistisches Wachstum einstellen wird.

Das Wachstum wird auch von dem zur Verfügung stehenden Raum begrenzt. Leben die Tiere zu dicht, können Krankheiten schneller übertragen werden. Die räumliche Enge verursacht Stress, der die Reproduktionsrate verringert.

A2 Der weise Brahmane Sissa — so sagt die Weizenkornlegende — hatte bei seinem König einen Wunsch frei. Da der Tyrann sein Volk hungern ließ, wünschte sich Sissa Weizenkörner: Auf das erste Feld eines Schachbretts (8×8 Felder) sollten zwei Körner gelegt werden, auf das zweite Feld vier, auf das dritte acht und so weiter. Die Körner des letzten Feldes sollte der König dem Volk geben. Der König lachte über Sissas Bescheidenheit. Prüfen Sie mithilfe des exponentiellen Wachstumsmodells, ob das berechtigt war. Nehmen Sie an, dass ein Weizenkorn $0,05 \text{ g}$ wiegt.

Ein Schachbrett hat 64 Felder. Dementsprechend musste der König dem Brahmanen $2^{64} = 1,845 \times 10^{19}$ Weizenkörner geben. Dies entspricht einer Masse von $9,22 \times 10^{17} \text{ g}$ oder $9,22 \times 10^{14} \text{ kg}$ oder etwa $9,22 \times 10^{11}$ Tonnen Weizenkörner. Das sind fast eine Billion (10^{12}) Tonnen. Das Lachen des Königs war also keineswegs berechtigt.

S. 381 **24.2** Besonderheiten im Lebenszyklus verursachen Populationsschwankungen

A1 Während des 2. Weltkriegs wurden auf der kleinen unbewohnten St.-Matthews-Insel in der Behringsee vom US-Militär 29 Rentiere ausgesetzt. Sie sollten die Ernährung der Soldaten sicherstellen. Nach Kriegsende zogen die Soldaten ab und ließen die Rentiere zurück. Auf der Insel gab es sonst keine größeren Säugetiere, aber reichlich Flechten, von denen sich die Rentiere ernähren konnten. Forscher stellten folgende Zahlen auf der Insel fest: 1957 waren es 1300 Tiere in gutem Zustand, 1963 waren es 6000 eher magere Tiere und 1966 nach einem sehr kalten Winter nur noch 42 Tiere. Inzwischen ist die Insel frei von Rentieren. Erläutern Sie die Populationsentwicklung der Rentiere auf dieser Insel. Diskutieren Sie mögliche Maßnahmen, die den Zusammenbruch der Population hätten verhindern können.

Die Rentiere können sich zunächst exponentiell vermehren, da das Nahrungsangebot gut und der Platz ausreichend ist, zudem gibt es keine Feinde. Das exponentielle Wachstum wird ungefähr ab 1960 durch die mangelnde Nahrung begrenzt. Die schlecht ernährten Tiere überleben einen kalten Winter nicht. Ein Zusammenbruch hätte nur von außen verhindert werden können, indem z. B. jährlich Rentiere abgeschossen werden. Eine andere Möglichkeit wäre das Aussetzen eines Räubers. Aber ein System mit so wenigen Komponenten wäre langfristig nicht stabil. Einzig die Entfernung der Rentiere kann wieder zu einem stabilen Ökosystem auf der Insel führen.

A2 Sie sind vielleicht schon einmal Zeuge der Besiedlung überreifer Früchte durch die Taufliege (*Drosophila melanogaster*) geworden. Charakterisieren Sie diese Art nach Abb. 2.

An den Massenaufkommen der Taufliegen lassen sich alle typischen Kennzeichen von r-Strategen erkennen: wechselhafte Umwelt (faulendes Obst tritt kurzzeitig auf), kleinwüchsig, kurze Lebensdauer, hohe Nachkommenzahl, keine Brutpflege oder Fürsorge für die Nachkommen, geringe Ortstreue, stark schwankende Populationsgrößen.

S. 383 **24.3** Nahrungsangebot und Fressfeinde bewirken Populationsschwankungen

A1 1957 wollte Mao Tse-tung, damaliger Staatspräsident von China, Ernteausfälle in seinem Land bekämpfen und rief zum Krieg gegen die Spatzen auf, die angeblich zu viel Getreide vertilgten. Bei der Kampagne wurden vermutlich rund 1 Milliarde Spatzen getötet. Aber Maos Spatzenkrieg geriet zum Desaster. Die Ernteausfälle stiegen dramatisch an, eine große Hungersnot begann. China musste nun Spatzen importieren. Stellen Sie Vermutungen an, warum das Fehlen der Spatzen die Ernteausfälle drastisch steigerte.

Spatzen fressen zwar auch Reiskörner, aber ein hoher Anteil ihrer Nahrung sind Insekten. Da sich diese in den Folgejahren stark vermehren konnten, darunter auch Schädlinge für das Getreide, kam es zu den hohen Ernteausfällen. Zu beachten ist hier auch, dass sich die Beute (Insekten) schneller erholt als die Räuber (Spatzen).

A2 In mitteleuropäischen Laubwäldern lassen sich zyklische Schwankungen der Räuber-Hasen-Populationen wie beim Luchs-Schneeschuhhasen-System nicht beobachten. Erklären Sie.

Mitteleuropäische Laubwaldbiozöosen sind wesentlich artenreicher als polare Biozöosen. Daher gibt es in ersterer auch wesentlich vielfältigere Nahrungsbeziehungen (→ 23.2). Jede Trophieebene ist durch zahlreiche Arten besetzt. In derartigen Nahrungsnetzen hätte ein Zusammenbruch der Population einer Art keine durchschlagende Wirkung auf ihre Räuber, da diese mit hoher Wahrscheinlichkeit auf andere Arten ausweichen können.

S. 384 **24.4** Schädlingspopulationen lassen sich durch natürliche Feinde regulieren

A1 Leider gab es viele Versuche der biologischen Schädlingsbekämpfung mit fatalen Folgen: Ein berühmtes Beispiel sind die Aga-Kröten in Australien. Sie waren eingeführt worden, um den Zuckerrohrkäfer zu fressen. Doch der Käfer kann fliegen und die Larven fressen in den oberen Bereichen der Pflanze, die Kröte jagt am Boden. Dennoch vermehrten sich die Kröten prächtig, denn sie fraßen andere harmlose Kleintiere. Da die Haut ein giftiges Sekret absondert, starben auch viel größere Tiere, die die Kröten fressen wollten. Entwickeln Sie aus dem Negativ-Beispiel Kriterien, die beachtet werden müssen, wenn eine Art zur Schädlingsbekämpfung eingeführt werden soll.

Der Nützling muss ein sehr enges Nahrungsspektrum haben, d.h. er darf beim Fehlen des Schädlings möglichst nicht auf andere Beute wechseln. Der Nützling sollte in dem neuen Lebensraum auch Feinde haben, die die Population begrenzen. Aus ökologischen Gründen wäre es wünschenswert, wenn sich der Nützling in dem neuen Biotop nicht eigenständig vermehren könnte. Dies würde aber bedeuten, dass der Nützling immer wieder mit hohen Kosten ausgesetzt werden muss.

A2 Begründen Sie mithilfe der Abb. 1 **a**, wie viele Tage vor Erreichen der ökonomischen Schadensschwelle ein Einsatz von Schlupfwespen gegen Blattläuse spätestens erforderlich wird.

Die parasitische Schlupfwespe benötigt 10 – 13 Tage für einen vollen Zyklus. Der Anwender sollte die Art daher etwa 10 – 13 Tage vor Erreichen der ökonomischen Schadensschwelle in ausreichender Zahl ausbringen.

S. 385 **24.5** Zuwachsrate und Altersstruktur beeinflussen die Zukunft einer Population

A1 Nehmen Sie an, die menschliche Bevölkerung würde ihr Verhalten gezielt nach einer r- oder einer K-Strategie ausrichten.

a. Beschreiben Sie die möglichen Folgen der jeweiligen Strategie für die Menschheit.

b. Wenden Sie Ihre Ausführungen aus a. auf die beiden unten dargestellten Alterspyramiden an.

a. Ein Kennzeichen von r-Strategen sind kurzzeitig stark wachsende Populationen, die im Anschluss infolge von Ressourcenverknappung wieder zusammenbrechen. K-Strategen sind durch eine langsame und kontinuierliche Annäherung an die Umweltkapazität gekennzeichnet. Die r-Strategie wäre daher für die Menschheit durch Phasen der Not und des Massensterbens und alle damit verbundenen sozialen Probleme gekennzeichnet. Eine K-Strategie ermöglicht im Mittel derselben Zahl an Menschen das Überleben, vermeidet aber die genannten Nachteile der r-Strategie.

b. In den letzten 40 Jahren war es die erklärte Politik in China, dass Familien nur ein Kind haben sollten, daher sind die jüngeren Jahrgänge stark unterrepräsentiert, d.h. es wurde eine extreme K-Strategie verfolgt, um vorhandene Ressourcen zu schonen.

Die Bevölkerungspyramide Indiens zeigt die typische Wachstums- oder r-Pyramide, d.h. eine deutlich geringer ausgeprägte K-Strategie. Lediglich für die letzten 10 Jahre ist eine Stagnation zu erkennen. Für ein Überleben müssen die Ressourcen pro Kopf effektiv genutzt werden.

A2 Für die Entwicklungsländer wird erwartet, dass sich der demografische Übergang durch den Einsatz von Verhütungsmitteln für die Familienplanung deutlich verkürzen lässt. Daneben wird einer verbesserten Bildung, speziell für Frauen, eine besondere Bedeutung zugeschrieben. Erläutern Sie den Begriff des demografischen Übergangs und die Bedeutung der verbesserten Bildung für die Verkürzung des Übergangs in den Entwicklungsländern.

Der demografische Übergang setzt voraus, dass sich Geburtenrate und Sterberate angleichen. Eine gute Bildung ermöglicht auch Frauen eine Erwerbstätigkeit. Eine gute Bildung sorgt außerdem für gute sexuelle Aufklärung und ermöglicht den Zugang zu und sicheren Umgang mit Verhütungsmitteln. Eine verbesserte Bildung sollte insgesamt die Lebensbedingungen verbessern, was in den meisten Ländern auch zu einer Reduktion der Geburtenrate führte.

Kombiniere!

A1 Bakterien können sich theoretisch alle 20–30 Minuten teilen, andere Organismen haben nur ein bis zwei Nachkommen pro Jahr. Beschreiben Sie die Diagramme zum Wachstum einer Bakterienkultur (→ Abb. 1) und zur Anzahl von Gnus in Tansania (→ Abb. 2) und vergleichen Sie die Werte.

Solange genügend Nahrung und Platz vorhanden ist, zeigt sich bei den Bakterien zunächst ein exponentielles Wachstum. Wenn das Nahrungsangebot nach ca. 15 Stunden kleiner wird, geht die Vermehrung in ein logistisches Wachstum über, die Masse der Bakterien von ca. 2,8 Gramm Zelltrockenmasse pro Liter nimmt dann nicht mehr zu.

Bei den Gnus hängt die Vermehrungsrate stark von der vorhandenen Population ab. Liegt in der Serengeti die Population zwischen 200 000 bis 400 000 Tieren, so wächst die Population nur sehr wenig, d.h. die Geburtenrate ist nur minimal größer als die Sterberate. Bei einer Population zwischen 600 000 und 800 000 Tieren wächst die Population sehr stark, d.h. das Nahrungsangebot ist ausreichend und es treten noch keine dichteabhängigen Stressfaktoren auf. Ab 1 Mio. Tieren wird die Sterberate größer als die Geburtenrate, damit wird die Population kleiner. Ursache dürften Nahrungsmangel und Krankheiten sein.

A2 In verschiedenen Experimenten wurde die Stabilität der Räuber-Beute-Beziehung zwischen einem Bohnenkäfer und einer Zehrwespe untersucht. Bohnenkäfer wurden mit ausreichend Nahrung und Zehrwespen teils in kleinen einzelnen Zellen gehalten, teils wurden 4 bzw. 49 solcher Zellen miteinander verbunden. Dabei war der Austausch der Tiere zwischen den Zellen entweder eingeschränkt oder uneingeschränkt möglich (→ Abb. 3).

a. Erläutern Sie die unterschiedliche Überlebensdauer in den verschiedenen Versuchsansätzen.

b. Erklären Sie, welche Rückschlüsse über die Stabilität von Räuber-Beute-Beziehungen in der Natur sich aus dem Versuch ableiten lassen.

a. In einer kleinen Zelle werden sich zunächst die Bohnenkäfer vermehren, da genügend Nahrung vorhanden ist. Da der Raum aber begrenzt ist, werden die Schlupfwespen in alle Larven der Bohnenkäfer ihre Eier legen. Die Bohnenkäfer sterben damit aus, die neu geschlüpften Wespen finden keine Nahrung mehr und sterben auch aus.

Werden mehrere solcher Zellen miteinander verbunden, so ändert sich eigentlich nichts. Durch den ungehinderten Austausch können die Schlupfwespen immer noch alle Bohnenkäfer parasitieren. Erst wenn der Zugang zwischen den Zellen eingeschränkt wird, können die Schlupfwespen nicht mehr alle Bohnenkäferlarven finden, sodass sich einige vermehren können. Dabei nimmt die Überlebensrate zu, je mehr solcher Zellen miteinander verbunden werden und je größer damit die Chance wird, dass einzelne Bohnenkäferlarven nicht von den Schlupfwespen gefunden werden.

b. Je größer und differenzierter ein Biotop ist, umso eher haben die Beutetiere eine Chance, sich zu verstecken und so länger zu überleben.

A3 Etwa 200 Millionen Menschen in Afrika standen 1979 vor einer drohenden Katastrophe. Eingeschleppte Schmierläuse (*Phenacoccus manihoti*) zerstörten das wichtigste Grundnahrungsmittel der betroffenen Region: die aus Brasilien stammende Maniokpflanze (→ Abb. 4). Die auch aus Brasilien stammenden Schädlinge breiteten sich in Afrika sehr schnell aus, sodass eine große Hungerkatastrophe befürchtet wurde. Eine chemische Bekämpfung war für die meisten Kleinbauern zu teuer. Der Schweizer Insektenforscher Hans Herren suchte in Südamerika nach Abhilfe. Nach zwei Jahren Suche und zahlreichen Experimenten entdeckte sein Team die kleine Schlupfwespe *Apoanagyrus lopezi* in Paraguay. Sie wurde vermehrt und in großen Mengen in den Anbaugebieten freigesetzt. Es gibt zwar immer noch Schmierläuse in Afrika, aber dank der Schlupfwespen kaum noch nennenswerte Ernteauffälle. Hans Herren erhielt 2013 den alternativen Nobelpreis für seine Forschungen.

- a. Erläutern Sie die Gründe für die schnelle Ausbreitung der Schmierlaus in Afrika.
- b. Nennen Sie die Aspekte, die bei der Schlupfwespe überprüft werden mussten, bevor sie in Afrika großflächig ausgebracht werden konnte.
- c. Vergleichen Sie Aufwand und Nachhaltigkeit von chemischer gegenüber der biologischen Schädlingsbekämpfung.

a. Die Schmierlaus stammt aus der gleichen Gegend wie die Maniokpflanze, kann sich auf ihr also gut vermehren. Sie hat in Afrika aber keine Feinde, die sie ihrerseits dezimieren.

b. Wenn ein neuer Organismus in ein anderes Biotop eingeführt werden soll, muss sichergestellt werden, dass es sich um Nahrungsspezialisten handelt, die nicht auf andere Beutetiere ausweichen. Bei einer dauerhaften Ansiedelung sollten auch Räuber im Biotop vorhanden sein, sodass keine übermäßige Vermehrung stattfinden kann.

Ein weiterer Sicherheitsaspekt könnte ggf. eine mangelnde Frosttoleranz sein, sodass die Nützlinge jedes Jahr neu ausgebracht werden müssen.

c. Der Forschungsaufwand für die biologische Schädlingsbekämpfung ist am Anfang sehr hoch. Wenn der Nützlichling aber erfolgreich etabliert werden konnte, ist außer einer Kontrolle kein weiterer Aufwand erforderlich. Bei dem Einsatz chemischer Mittel entsteht in jedem Jahr ein hoher Aufwand, wobei die Langfristigkeit wegen möglicher Resistenzbildung nicht gesichert ist.

25

Stoff- und Energiefluss in Ökosystemen

S. 389 **25.1** Sonnenenergie treibt die Prozesse in Ökosystemen an

A1 Erklären Sie, warum der weltweit stark steigende Konsum von Fleisch die Ernährungskrise einer wachsenden Weltbevölkerung verschärft.

Getreide entstammt der Primärproduktion, Fleisch dagegen wird von Pflanzenfressern (also Primärkonsumenten) produziert. Um 1 kg Fleisch zu erzeugen, braucht man etwa 10 kg Getreide. Das heißt: Eine Fläche, die 10 Vegetarier ernährt, macht nur einen Fleischesser satt. Weil die ackerbaulich nutzbare Fläche zu den kaum vermehrbaren Ressourcen auf der Erde gehört, ist der Verzicht auf exzessiven Fleischkonsum sinnvoll.

A2 Erläutern Sie mithilfe von Abb. 2 die typische Form der Energieflusspyramiden.

Von der auf der Erdoberfläche ankommenden Sonnenstrahlung werden $100 \text{ kJ/m}^2 \times \text{Tag}$ durch die Fotosynthese der Primärproduzenten als chemische Energie stofflich fixiert. Nur 10% davon nehmen die Primärkonsumenten mit ihrer Nahrung auf. 90% gehen ins Recycling durch die Destruenten, sind also Verlust in der Nahrungskette. Auch die Sekundärkonsumenten nehmen nur 10% der in den Primärkonsumenten vorhandenen Energie auf, weil wieder Verluste durch Wärmeenergie und Destruenten anfallen. Beim Übergang von den Sekundärkonsumenten zu den Tertiärkonsumenten verhält es sich ähnlich. Es treten also von Trophiestufe zu Trophiestufe große Energieverluste auf. Deshalb verkleinern sich die Scheiben der Energiepyramide von der Stufe der Primärproduzenten bis zu dem Tertiärkonsumenten von Stufe zu Stufe sehr stark.

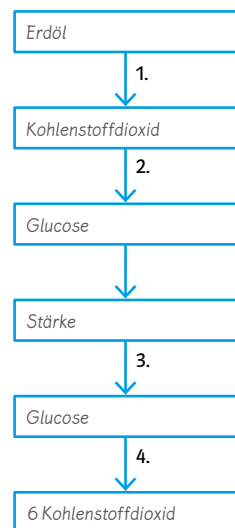
S. 391 **25.2** Der Kohlenstoffkreislauf ist eng mit dem Energiefluss verknüpft

A1

a. Erstellen Sie ein Flussdiagramm zum Weg eines Kohlenstoffatoms aus dem Erdöl bis in ein Kohlenstoffdioxidmolekül, das Sie ausatmen.

b. Benennen Sie die Vorgänge im Flussdiagramm und geben Sie an, ob dabei Energie frei oder aufgenommen wird.

a.



b.

- 1 = Verbrennung (Energie wird frei)
- 2 = Fotosynthese (Energie wird benötigt)
- 3 = Verdauung (Energie wird benötigt)
- 4 = Zellatmung (Energie wird frei)

A2 Die Fotosynthese ist die Basis des biologischen Kohlenstoffkreislaufs. Begründen Sie diese Aussage.

Der Stoffwechselprozess der Fotosynthese leistet zwei wesentliche Dinge. Erstens werden durch den Umbau von Kohlenstoffdioxid zu Glucose Kohlenstoffatome gebunden und in die Nahrungsketten und damit den biologischen Kreislauf eingeschleust. Zweitens wird durch die Fotosynthese Lichtenergie zu chemischer Energie, die von allen Lebewesen direkt oder indirekt genutzt wird. Ohne die Fotosynthese könnten weder Konsumenten noch Destruenten dauerhaft existieren.

S. 392 **25.3** Bakterien sind die Motoren des Stickstoffkreislaufs

A1 Abb. 1 zeigt den natürlichen Stickstoffkreislauf. Geben Sie begründet die Stellen an, an denen die industrielle Landwirtschaft in den Stickstoffkreislauf eingreift.

1. Erhöhung des Nitratgehalts im Boden durch Kunstdünger (= Umwandlung von Luftstickstoff in Nitrat-Ionen)
2. Erhöhung des Nitratgehalts im Boden durch Stickoxide aus Verbrennungsmotoren und andere Abgasen

A2 Stellen Sie die durch Bakterien ablaufenden Vorgänge des Stickstoffkreislaufs und die dabei auftretenden Stoffumwandlungen in einer Tabelle zusammen. Kennzeichnen Sie die Stickstoffverbindungen, die von Pflanzen nutzbar sind.

Vorgang	Stoffumwandlung
Stickstofffixierung	Luftstickstoff → Ammonium-Ionen
Nitrifikation	Ammonium-Ionen → Nitrat-Ionen
Denitrifikation	Nitrat-Ionen → Luftstickstoff

S. 394 **25.4** Böden sind die wichtigsten Orte des Recyclings

A1 Erläutern Sie die Bedeutung der Bakterien und Pilze als Mineralisierer von Pflanzenteilen.

Abgestorbene Pflanzen enthalten viel Cellulose, die viele im Boden lebende Tiere nicht verdauen können. Bakterien und Pilze können Cellulose verarbeiten und bereiten damit die toten Pflanzen für andere Destruenten auf. Außerdem sind die Pilze und Bakterien selbst Nahrung für andere Bodentiere oder leben mit ihnen in Symbiose.

A2 Erklären Sie das Recycling im Boden.

Ganz allgemein werden beim Recycling aus Abfallstoffen Rohstoffe gewonnen, die wieder in einen Produktionsprozess eingespeist werden. Im Falle des Bodens bestehen die Abfallstoffe aus komplexen organischen Verbindungen, abgestorbenen Pflanzenteilen, Kot, Kadaver. Hier setzen die Nahrungsketten der Destruenten an, der als Recycler arbeitenden Bodenorganismen. Am Ende des Prozesses stehen Mineralstoffe, die den Pflanzen — den Primärproduzenten — wieder zur Verfügung stehen.

S. 395 **25.5** In tropischen Regenwäldern sind die Stoffkreisläufe kurzgeschlossen

A1 Ermitteln Sie mithilfe der Abb. 1 die prozentuale Verteilung von K, Mg und Ca in den Schichten. Erläutern Sie diese Verteilung.

	K	Ca	Mg
Baum- und Strauchschicht	ca. 80%	ca. 83%	ca. 78%
Streu	–	ca. 4%	ca. 4%
Wurzel	ca. 15%	ca. 13%	ca. 13%
Boden	ca. 5%	–	ca. 5%

Die Mineralstoffe sind zum größten Teil in der oberirdischen Biomasse gebunden. Auffällig ist der geringe Anteil im Boden. In den tropischen Böden gibt es kaum Humus und die existierenden Tonminerale können diese Metall-Ionen im Gegensatz zu den Ton-Humusteilchen unserer Böden nicht binden. Deshalb können sich diese Mineralstoffe nicht im Boden des Regenwaldes anreichern.

A2 In Mitteleuropa ist großflächige Aufforstung nach Kahlschlägen einfach, in den Tropen dagegen sehr schwierig. Erklären Sie das.

Die meisten mitteleuropäischen Böden speichern Mineralstoffe in großer Menge. Auf Kahlschlägen neu gepflanzte Bäume sind deshalb gut versorgt und wachsen optimal. Anders in den immerfeuchten Tropen. Hier sind die meisten Böden extrem arm an Mineralstoffen. Ist der ständige Kreislauf der Mineralstoffe zwischen Bäumen und Mykorrhiza-Pilzen durch Abholzung unterbrochen, gehen die Mineralstoffe weitgehend verloren. Aufforstungen leiden unter Mangel. Düngung ist wegen der sehr geringen Speicherkapazität vieler Böden meist wenig effektiv.

Kombiniere!

A1 Abgesehen von Pflanzung und Holzeinschlag greift der Mensch in das Ökosystem Wald relativ wenig ein, dagegen würde das Ökosystem Acker ohne den ständigen Eingriff des Menschen nicht existieren.

a. Definieren Sie kurz die Begriffe Produzent (P), Konsument (K) und Destruent (D). Erläutern Sie den Kreislauf des Kohlenstoffs am Beispiel des Ökosystems Wald mithilfe von Abb. 1. Gehen Sie dabei auch darauf ein, in Form welcher Verbindungen der Kohlenstoff weitergegeben wird.

b. Erläutern Sie den Ausdruck „Einbahnstraße“ der Energie an diesem Beispiel.

c. Zeigen Sie am Beispiel eines Getreideackers den Kreislauf des Stickstoffs anhand der weitergegebenen Stoffe auf (→ Abb. 2). Unterscheiden Sie dabei auch zwischen Destruenten und Mineralisierern.

a. Produzenten sind Pflanzen, die durch Fotosynthese Lichtenergie in Form von Kohlenhydraten speichern. Konsumenten nehmen die energiereichen organischen Verbindungen auf und nutzen sie für ihren Energie- und Baustoffwechsel. Destruenten sind Organismen, die die energiereichen Abfälle für ihren eigenen Stoffwechsel nutzen.

Produzenten nehmen CO_2 aus der Luft auf und binden ihn zunächst in Form von Glucose. Diese wird zum Aufbau aller Stoffe des Baumes wie Stärke, Cellulose, Nucleinsäuren und Proteine genutzt. In allen organischen Stoffen ist Kohlenstoff enthalten. Einen großen Teil des aufgenommenen CO_2 geben sie bei ihrer Dissimilation auch wieder als CO_2 ab.

Konsumenten nehmen all diese organischen Stoffe auf und bauen sie in körpereigene Stoffe um. Sie bauen einen Teil der Glucose in der Dissimilation zu CO_2 ab. Destruenten wie Regenwürmer, Asseln oder Springschwänze fressen die Abfälle von Produzenten und Konsumenten und nutzen die energiereichen Stoffe für ihren Stoffwechsel. Auch sie geben bei der Dissimilation CO_2 ab. Die letzten Reste der energiereichen Abfallstoffe (von Regenwürmern u.a.) nutzen Mineralisierer (Bakterien und Pilze) für ihre Dissimilation und geben neben dem CO_2 nur noch Mineralstoffe wie Nitrat, Phosphat u. a. ab.

b. Die in der Glucose gespeicherte Sonnenenergie wird bei jedem Stoffwechselschritt zum Teil in Wärme umgewandelt und an die Umgebung abgegeben. Diese Wärme ist nicht mehr nutzbar.

c. Pflanzen nehmen Stickstoffverbindungen in Form von Nitrat- und Ammoniumsalzen auf. Stickstoffatome werden im Wesentlichen zum Aufbau von Proteinen und Nucleinsäuren verwendet. In dieser Form werden sie auch von Konsumenten aufgenommen und in körpereigene Proteine und Nucleinsäuren umgewandelt. Stickstoffverbindungen werden z. B. von Säugetieren als Harnstoff über die Nieren abgegeben.

Destruenten entsprechen den Konsumenten, nur nehmen sie energiereiche organische Verbindungen aus den Abfallprodukten von Produzenten oder Konsumenten auf. Lediglich die Mineralisierer Pilze und Bakterien bauen Proteine u. a. wieder bis zu den anorganischen Nitrat- und Ammoniumsalzen ab.

A2 Die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl in der Ukraine 1986 hat mit ihrem radioaktiven Fallout auch nach mehr als 30 Jahren Folgen in Deutschland. Da im südlichen Bayern der Fallout deutlich höher war als im Rest von Deutschland, müssen in Bayern noch immer geschossene Wildschweine wegen zu hoher Radioaktivität entsorgt werden. Ein Bestandteil des radioaktiven Fallouts war Cäsium-137 (^{137}CS) mit einer Halbwertszeit von 30 Jahren. Die Cäsiumsalze sind gut wasserlöslich. Sie binden aber fest an mineralische Bestandteile im Boden, sodass sie für Pflanzen z. B. auf dem Acker nicht gut verfügbar sind. Im Waldboden ist das Cäsium-137 im Humus gespeichert und ist dort für Pflanzen und Pilze leicht verfügbar. Durch die Abbauprozesse bleibt es auch immer am gleichen Ort. Je nach lokalem Fallout können die aktuell gemessenen Werte sehr stark schwanken, auch im Umkreis weniger Meter. Wildschweine sind Allesfresser und so gehören auch Pilze zu ihrer Nahrung.

a. Erläutern Sie die Unterschiede in der Belastung der Pilze und der Wildschweine mit Cäsium-137. Verwenden Sie dazu auch Abb. 2, S. 388.

b. Begründen Sie die deutlich geringere Belastung von Hirschen und Rehen.

c. Erläutern Sie die Gründe für die großen Differenzen zwischen Mittelwert und Maximalwert.

a. Da nur ca. 10 % der aufgenommenen Stoffe zum Aufbau von körpereigenen Stoffen verwendet werden, aber das radioaktive Cäsium im Körper gespeichert wird, reichert es sich entsprechend an.

b. Hirsche und Rehe fressen eher Gras und die Rinde von Zweigen, die weniger Cäsium aufnehmen.

c. Da der regionale Fallout sehr unterschiedlich war, gibt es auch viele Gebiete, in denen auch die Pilze nur sehr geringe Mengen oder kein Cäsium-137 enthalten. Die Anzahl der Hotspots, die sehr viel Cäsium enthalten, ist eher gering. Wenn aber Wildschweine in Gebieten mit solchen Hotspots leben, können sie sehr hoch belastet sein, sodass sie auch nach 30 Jahren nicht für den Verzehr geeignet sind.

A3 In einer Studie wurde die Herkunft des Stickstoffs in den Organismen eines Bachs untersucht. Die Forscher erwarteten, dass der gesamte Stickstoff aus Landökosystemen stammen würde. Sie fanden jedoch heraus, dass das nur auf ca. 70 % des Stickstoffs zutraf, während 30 % aus marinen Ökosystemen kamen.

a. Erläutern Sie, wie Stickstoff aus Landökosystemen in den Bach gelangen kann.

b. Begründen Sie, warum der Fund junger Lachse in diesem Bach die Ergebnisse der Studie erklärt. Recherchieren Sie hierfür den Lebenszyklus von Lachsen.

a. Zunächst wurde erwartet, dass der gesamte Stickstoff vom Land stammen würde. Beispielsweise könnte er durch überdüngte Äcker in den Bach gelangen oder durch pflanzliche Abfälle des Uferbewuchses oder über bachbewohnende Konsumenten, deren Nahrung vom Land stammt. Ebenso können Stickstoffverbindungen von flussaufwärts der Untersuchungsstelle vorgenommenen Verunreinigungen eingespült worden sein.

b. Lachse schlüpfen im Süßwasser und wandern später ins Meer. Dort leben sie und ernähren sich räuberisch, bis sie zum Abläichen in ihr Heimatgewässer zurückkehren. Hierfür müssen sie flussaufwärts schwimmen. Nach dem Abläichen sterben die Lachse, wodurch die in ihnen gespeicherten, überwiegend aus dem Meer stammenden Stoffe in den Stickstoffkreislauf des Baches eingehen.

26

Einblicke in Ökosysteme

S. 399 **26.1** Strahlung und Wasserhaushalt bestimmen die Lage der Großökosysteme

A1 Geben Sie die unterschiedliche Ausprägung der abiotischen Umweltfaktoren der „immerfeuchten Tropen“ und der „feuchten Mittelbreiten“ mithilfe der Abb. 1 an. Begründen Sie.

	immerfeuchte Tropen (Iquitos)	feuchte Mittelbreiten (München)
Temperatur	ganzjährig warm > 20 °C, geringe Schwankungen	ganzjährig kühler, große Schwankungen zwischen Winter und Sommer
monatlicher Niederschlag	ganzjährig hoch, zwischen 200 mm und 350 mm	ganzjährig niedriger, schwankt zwischen 60 mm im Winter und 150 mm im Sommer
Dürrezeiten	keine	

Die Tropen finden sich am Äquator, die feuchten Mittelbreiten jedoch weiter im Norden. Deshalb sind die Temperaturen aufgrund der geringeren Sonneneinstrahlung (pro Fläche) in München niedriger. Die schwankenden Temperaturen und Niederschläge in den feuchten Mittelbreiten haben ihre Ursache in der Neigung der Erdachse. Durch sie verändert sich die Sonneneinstrahlung im Jahreslauf stark. Jahreszeiten entstehen. Dieser Effekt ist zwischen den Wendekreisen, wo die Tropen liegen, kaum ausgeprägt.

A2 Ermitteln Sie, welches Biom unmittelbar nördlich des Schwarzen Meeres (ca. 2000 km östlich von München) ausgeprägt ist. Nennen Sie mögliche Gründe für die Unterschiede zu München.

Nördlich des Schwarzen Meeres existieren ausgedehnte Grassteppen. Ursache für das Steppenklima sind die im Gegensatz zu den feuchten Breiten (München) fehlenden Niederschläge. Sie werden durch die große Entfernung zum Meer verursacht.

S. 401 **26.2** Ökosysteme sind nicht statisch, sondern verändern sich

A1 Ermitteln Sie den Baumbestand in der Umgebung des in Abb. 1 untersuchten Moores vor 12 000 Jahren und von heute. Verwenden Sie die Begriffe „selten“, „häufig“, „sehr häufig“ statt der Prozentangaben. Stellen Sie Vermutungen über die Ursachen der Veränderung an.

Baumarten	Bestand heute	Bestand vor 10 000 Jahren
Weide	-	sehr häufig
Birke	häufig	sehr häufig
Kiefer	häufig	häufig
Hasel	selten	-
Eiche	selten	-
Rotbuche	häufig	-

Es kann vermutet werden, dass Weide, Birke und Kiefer dauerhaft niedrige Temperaturen besser ertragen als die anderen Arten. Möglich ist aber auch, dass die zuerst gedeihenden Arten den Boden „vorbereitet“ haben (Humusbildung, Nährstoffanreicherung) und damit die Existenzgrundlage für z. B. Eiche und Rotbuche geschaffen haben.

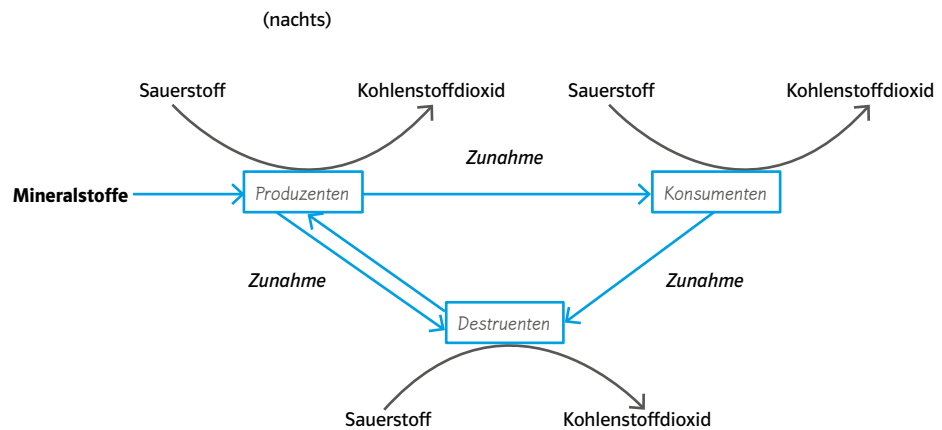
A2 Trockenrasen sind sehr artenreiche Landökosysteme. Sie sind durch jahrhundertelange Beweidung mit Schafen oder Ziegen entstanden. Auf ihnen gedeihen viele wärmeliebende, oft vom Aussterben bedrohte Pflanzen- und Tierarten, wie Orchideen und Wildbienen. Heute sind Trockenrasen oft Naturschutzgebiete,

in denen Eingriffe eigentlich unterlassen werden sollten. Begründen Sie, weshalb Trockenrasen weiter gepflegt werden müssen.

Der Trockenrasen muss regelmäßig gemäht oder extensiv beweidet werden. Sonst würde die Initialphase der Sukzession beginnen und der Trockenrasen in der Folgephase „verbuschen“. Letztendlich entsteht ein Wald (Klimaxphase). Damit würde das gesamte Ökosystem verschwinden und die typische wärmeliebende Pflanzen- und Tierwelt abwandern oder vernichtet werden. Das steht dem Naturschutzgedanken entgegen.

S. 403 **26.3** Der Nährstoffgehalt beeinflusst die Lebensgemeinschaft im See

A1 In mineralstoffreichen Seen kann Sauerstoffmangel eintreten und zu Fischsterben führen. Stellen Sie die ablaufenden Vorgänge in einem Flussdiagramm dar.



A2 Erläutern Sie die Bedeutung der Vollzirkulation im Herbst für den Stoffhaushalt eines Sees.

Im Sommer sind Nährschicht und Zehrschicht durch die Sprungschicht getrennt. Der Stoffaustausch ist dadurch unterbunden. Sauerstoffreiches Wasser gibt es durch die Fotosynthese des Phytoplanktons nur an der Oberfläche (trophogene Zone). Mineralstoffreiches Wasser gibt es durch die Tätigkeit der Destruenten fast nur in der Zehrschicht (tropholytische Zone). Durch die Vollzirkulation werden beide Wasserkörper miteinander vermischt und Sauerstoff und Mineralstoffe verteilt. Das verbessert die Mineralstoffversorgung der Pflanzen und Blaualgen an der Oberfläche und die Sauerstoffversorgung der Tiere und Mikroorganismen im Tiefenwasser.

S. 405 **26.4** Fließgewässer sind zur Selbstreinigung fähig

A1 Abb. 2 zeigt die Veränderung der Artenzusammensetzung und die Veränderung des Gehalts an Sauerstoff, Nitrat- und Ammonium-Ionen nach dem Einleiten von Gülle in das Wasser eines sauberen Baches. Gülle besteht aus Kot und Urin von z. B. Schweinen. Der enthaltene Stickstoff ist durch Bakterien zum Teil schon in Ammonium-Ionen umgewandelt worden.

a. Begründen Sie den Verlauf der drei Kurven. Verwenden Sie dabei auch Abb. 1, S. 391.

b. Ermitteln Sie mithilfe des Diagramms rechts, welche der beiden Arten der bessere Bioindikator ist. Begründen Sie.

a. Gülle enthält viele organische Stoffe, die durch Destruenten abgebaut und am Ende in anorganische Stoffe umgewandelt werden. Dabei wird Sauerstoff verbraucht, der Sauerstoffgehalt sinkt also ab. Da die organischen Stoffe von Konsumenten und Destruenten verbraucht bzw. abgebaut werden und durch das bewegte Wasser ständig neuer Sauerstoff ins Wasser gelangt, steigt der Sauerstoffgehalt wieder an.

Nach der Einleitung der Gülle steigt der Ammonium-Ionengehalt an. Nitrifizierende Bakterien wandeln Ammonium-Ionen zu Nitrat-Ionen um, deshalb fällt die Ammonium-Kurve und die Nitrat-Kurve steigt. Nitrat ist ein Pflanzennährstoff und wird im Bach von Algen und Wasserpflanzen aufgenommen, deshalb fallen die Werte wieder ab.

b. Die Steinfliegenlarve ist der bessere Bioindikator. Sie hat einen kleineren Toleranzbereich gegenüber dem Sauerstoffgehalt des Wassers und zeigt deshalb sauerstoffreiche, also saubere Gewässer an. Die Wasserassel hat einen größeren Toleranzbereich gegenüber dem Sauerstoffgehalt. Sie kann also sowohl in sauerstoffreichen als auch in sauerstoffarmen Gewässerabschnitten leben. Am häufigsten ist sie jedoch bei einer niedrigeren Sauerstoffkonzentration anzutreffen.

A2 Begründen Sie, warum die Selbstreinigung in einem Fließgewässer viel besser funktioniert als in einem See.

Es gibt zwei Gründe:

1. Fließgewässer werden von der Quelle her ständig mit Frischwasser versorgt, während belastetes Wasser talwärts wegfließt. Einmalige gravierende Verschmutzungen in einem bestimmten Abschnitt haben deshalb oft keine langfristigen Auswirkungen. Seen sind dagegen weitgehend geschlossene Wasserkörper, die sich viel langsamer erneuern.
2. Turbulentes Fließen verhindert stabile Schichtungen, die in Seen den Stoffaustausch langfristig blockieren können. Insbesondere die Versorgung mit Sauerstoff ist in Flüssen besser, sodass am Flussboden nur in Extremfällen anaerobe Verhältnisse eintreten.

S. 407 26.5 Im offenen Meer sind Produktion und Verbrauch räumlich weit getrennt

A1

a. Stellen Sie die besonderen abiotischen und biotischen Faktoren der Tiefsee zusammen.

b. Erläutern Sie die Biomasseverteilung in Abb. 1.

a. abiotische Faktoren der Tiefsee:

kein Licht, geringe Wassertemperatur (ca. 2 °C), hoher Salzgehalt

biotische Faktoren der Tiefsee:

artenreiche Lebensgemeinschaft, deren Nahrungsgrundlage abgesunkene organische Stoffe (Meeresschnee) sind; meist sehr kleine Tiere, auch größere Räuber und Allesfresser; einige Tiere erzeugen selbst Licht, z. T. in Symbiose mit Bakterien.

b. Bis 200 m Tiefe ist die Biomasse groß und nimmt dann bis 500 m Tiefe stark ab. Ursache ist der zunehmende Mangel an Licht. Die am Anfang aller Nahrungsketten stehenden Produzenten fallen aus. Dadurch verringert sich auch die Zahl der Konsumenten. Die Biomasse zwischen 500 bis 4000 m ist gering. Sie kann sich nur aus den absinkenden Kohlenstoffverbindungen der euphotischen Zone aufbauen. Am Meeresgrund lagert sich dieser „Meeresschnee“ ab, der für die Tiefsee Ausgangspunkt neuer Nahrungsketten ist. Die Biomasse nimmt wieder leicht zu.

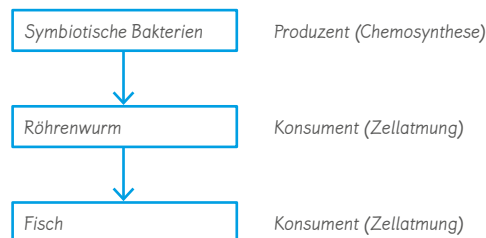
A2 Ein Teil der organischen Substanz, die in der euphotischen Zone produziert wird, sinkt auf den Meeresboden. Leiten Sie daraus Konsequenzen für den Kohlenstoffkreislauf ab.

Die Tiefsee ist eine „Kohlenstoffseneke“, also ein Ort, an dem Kohlenstoff dem globalen Kreislauf für lange Zeit entzogen wird.

Anmerkung: Kalk und Dolomit, zwei weit verbreitete und enorme Mengen an Kohlenstoff enthaltende Gesteine, beginnen ihre „Laufbahn“ als Sedimente (Ablagerungen) abgestorbener Mikroorganismen am Meeresboden.

S. 405 **26.6** In der Tiefsee existieren von der Sonnenenergie völlig unabhängige Ökosysteme

A1 An den Rauchern der Tiefsee haben bis zu 80 cm lange Bartwürmer der Gattung *Riftia* ihre noch längeren Wohnröhren (→ Abb. 2, S. 152). Sie bilden mit Muscheln, Krebsen, Fischen und Mikroorganismen eine Biozönose. Die Bartwürmer leben in Symbiose mit Bakterien, die Schwefelwasserstoff aus dem Erdinneren oxidieren. Die Bakterien bewohnen ein Abteil der Körperhöhle der Würmer und werden über deren Blut mit Schwefelwasserstoff versorgt. Die Bakterien bauen energiereiche organische Stoffe auf, die zum Teil auch in das Blut der Bartwürmer gelangen und ihnen als einzige Nahrung dienen. Abgestorbene Bartwürmer sind Nahrungsgrundlage vieler anderer Organismen dieser Lebensgemeinschaft. Stellen Sie eine Nahrungskette auf, an der Bartwürmer beteiligt sind. Ordnen Sie eine Auswahl der folgenden Begriffe zu: Chemosynthese, Fotosynthese, Zellatmung, Produzent, Konsument, Destruent.



A2 Erläutern Sie, warum die Lebensgemeinschaften rund um die heißen Quellen der Tiefsee in mancher Hinsicht als Modell für Ökosysteme in der Frühzeit des Lebens auf der Erde gelten.

In der Frühzeit der Erde war die Erde noch heiß. Es gab eine umfangreiche vulkanische Tätigkeit unter Wasser und auf dem Land. An den heißen Quellen der Tiefsee herrschen noch heute solche Bedingungen. Die ersten Ökosysteme der Erde könnten also, genau wie die an den „Rauchern“, vollständig auf Prokaryoten und ihrer Chemosynthese basierende Lebensgemeinschaften gewesen sein. Nicht ins Bild passen alle eukaryotischen Lebewesen (Krebse, Muscheln, Würmer), die rund um die hydrothermalen Quellen leben. Sie haben sich erst später entwickelt.

Kombiniere!

A1 Das Mittelmeer unterscheidet sich in einigen Punkten von den anderen Weltmeeren, unter anderem ist es natürlicherweise sehr nährstoffarm. Die Oberflächenströme fließen vom Atlantik ins Mittelmeer. Durch Sonneneinstrahlung verdunstet ein Teil des Wassers, die Oberflächenströme werden dadurch immer salzhaltiger. Wasser mit einem hohen Salzgehalt ist schwerer und sinkt ab, Wasser mit einem geringeren Salzgehalt ist leichter und schwimmt oben. Große Auftriebszonen gibt es im Mittelmeer nicht. In den letzten Jahrzehnten wurde jedoch eine zunehmende Eutrophierung des Mittelmeers beobachtet, vor allem im Bereich großer Städte und von Flussmündungen.

- a.** Erläutern Sie den Grund für das Absinken des Oberflächenwassers wie in der Strömungskarte eingezeichnet.
- b.** Stellen Sie mithilfe von Abb. 1 eine begründete Hypothese auf, warum das Mittelmeer so nährstoffarm ist. Vergleichen Sie hierfür zunächst die Strömungskarte mit einem Tiefenprofil des Mittelmeers aus Abb. 1 und ermitteln Sie, wo die im Tiefenprofil genannten Begriffe in der Strömungskarte liegen.
- c.** Beschreiben Sie mögliche Ursachen und Folgen der beobachteten Eutrophierung.
 - a.** Salzärmeres Wasser (36 ‰) aus dem Atlantik strömt ins Mittelmeer und bleibt zunächst an der Oberfläche. Während es weiterfließt, wird es von der Sonne aufgeheizt und ein Teil verdunstet, wodurch es immer salzhaltiger und damit schwerer wird und absinkt.
 - b.** Die Sprungschicht liegt oberhalb des Tiefenwassers. Nährstoffe, die in der Nährschicht produziert werden, sinken mit dem Oberflächenwasser ab. Eine Durchmischung von unten nach oben findet aufgrund der Sprungschicht nicht statt. Abgesunkenes Tiefenwasser fließt aus dem Mittelmeer in den Atlantik und spült dabei ständig Nährstoffe aus dem Mittelmeer heraus.
 - c.** Mögliche Ursachen für die Eutrophierung sind beispielsweise Überdüngung, Einleitung von Abwasser direkt ins Meer, mehr Ballungsgebiete mit höheren Einwohnerzahlen und mehr Industrie. Als Folge der Eutrophierung kann zunächst eine erhöhte Menge von Phytoplankton und Algen (Algenblüte) erwartet werden. Obwohl mehr Nahrung für pflanzenfressende Tiere zur Verfügung stehen würde, würden die unter diesen Bedingungen schnell wachsenden Algen die langsamer wachsenden festsitzenden Tiere (z. B. Korallen) überwuchern, wodurch diese zunehmend absterben würden. Die Folge wäre eine Art „Algenwüste“. Ein Umkippen des Mittelmeeres wie in einem See wäre allerdings nicht zu erwarten, da ständig Wasser aus dem Atlantik zufließt und in den Atlantik abfließt.

A2 Den Saprobienindex zum Bestimmen der Gewässerqualität haben Sie bereits kennengelernt. Jeder Indikatorart wird ein bestimmter Wert zugeordnet, der Saprobienwert. Dieser spiegelt wider, bei welcher Wasserqualität die jeweilige Art meistens vorkommt. Zunächst werden Wasserproben genommen und die enthaltenen Indikatororganismen bestimmt und gezählt. Der Saprobienwert einer Art kann nachgeschlagen werden. Jeder Indikatorart wird das Produkt aus ihrem Saprobienwert und der gefundenen Individuenanzahl zugeordnet. Dann werden alle Produkte aufsummiert und durch die Gesamtanzahl aller Individuen dividiert.

$$\text{Saprobienindex} = \frac{\text{Summe (Produkt)}}{\text{Summe (Individuenanzahl)}}$$

- a.** Ermitteln Sie den Saprobienindex eines Gewässers, in dem die in Abb. 2 aufgelisteten Tiere gefunden wurden. Interpretieren Sie das Ergebnis und nehmen Sie hierzu auch die Tabelle zu Hilfe.
- b.** Die Rattenschwanzlarve (*Eristalis tenax*) hat einen Saprobienwert von 4,0. Recherchieren Sie zu dieser Art und zu den in Abb. 2 aufgeführten Tieren im Hinblick darauf, was sie zu einer geeigneten Indikatorart für den Saprobienindex macht.
- c.** Sauerstoffmangel ist das Hauptproblem beim Leben in stark verschmutzten Gewässern. Ermitteln Sie, durch welche jeweilige Anpassung die Rattenschwanzlarve und die Rote Zuckmückenlarve dennoch in dieser Umgebung leben können.

$$\text{a. Saprobienindex} = \frac{\text{Summe (Produkt)}}{\text{Summe (Individuenanzahl)}} = \frac{37,2}{26} = 1,4$$

Mit einem Saprobienindex von 1,4 handelt es sich laut Abb. 2 auf S. 408 um ein sehr gering belastetes Gewässer der Güteklasse I. Es ist also sauerstoffreich mit wenig Nitrat- und Ammonium-Ionen.

b. Rattenschwanzlarve (*Eristalis tenax*): Larve der Mistbiene, einer Schwebfliegenart. Die Larve lebt in nährstoffreichen, meist stehenden bis schwach strömenden Gewässern (z. B. Jauchegruben, Sickergruben, Schlammrand von Tümpeln). Sie wird bis zu 2 cm groß und hat ein namensgebendes Atemrohr am Hinterende, welches je nach Wassertiefe aus- und eingefahren werden kann. Sie ernährt sich von Bakterien und totem Pflanzenmaterial und ist dadurch an der Wasserklärung beteiligt. Europäische Süßwassergarnele (*Atyaephyra desmaresti*): Sie ist eine der wenigen Süßwassergarnelen in Deutschland und ein Neozoon aus dem Mittelmeerraum. Sie lebt auf Pflanzen oder unter Wurzeln und bevorzugt sauerstoffreiches Wasser. Sie wird ein bis zwei Jahre alt. Sie frisst Plankton, kleine Tiere, Algen und abgestorbenes Pflanzenmaterial.

Rote Zuckmückenlarve (*Chironomus thummi*): Larve der Zuckmücken, diese sehen Stechmücken zwar ähnlich, saugen aber kein Blut. Die Larve lebt meist auf harten Untergründen die von ihr abgeweidet werden. Sie kommt gut mit verschmutztem Wasser und wenig, zeitweise sogar keinem Sauerstoff zurecht.

Die Milchweiße Planarie (*Dendrocoelum lacteum*): wird ca. 2–3 cm lang und ungefähr doppelt so breit. Man findet sie in Tümpeln, Teichen und Seen; sie kommt sowohl in sauberen als auch in mäßig verschmutzten Gewässern vor. Sie ernährt sich räuberisch von kleinen Wirbellosen und Aas.

c. Insektenlarven benötigen Sauerstoff zum Leben. Dieser ist in stark verschmutzten Gewässern nur in sehr geringem Maß vorhanden. Die Rattenschwanzlarve besitzt ein langes Atemrohr, durch das sie eine direkte Verbindung zur Wasseroberfläche hat und so Sauerstoff aus der Umgebungsluft aufnehmen kann. Die Rote Zuckmückenlarve ist rot, weil sie sehr viel Hämoglobin hat. Dieses spezielle Hämoglobin kann wegen seiner hohen Sauerstoff-Affinität auch einer Umgebung mit wenig Sauerstoff diesen noch entziehen und so die Gewebe der Zuckmückenlarve damit versorgen.

S. 411 **27.1** Der natürliche Treibhauseffekt ermöglicht das Leben auf der Erde

A1 Beschreiben Sie den Energiefluss und die Energieumwandlungen, die zum natürlichen Treibhauseffekt führen. Verwenden Sie dazu auch Abb. 1 und 2. Die Sonnenstrahlung gelangt in die Erdatmosphäre. 30% des Sonnenlichts werden in der Atmosphäre (24%) und auf der Erdoberfläche (6%) reflektiert. 17% der Sonnenstrahlung werden von den Wolken und Spurengasen und 53% von der Erdoberfläche absorbiert. Die Lichtenergie wird dabei größtenteils in Wärmeenergie umgewandelt. Diese Wärmeenergie wird von der Erde wiederum in die Atmosphäre abgestrahlt. Die Gase der Erdatmosphäre absorbieren einen Teil davon und erwärmen sich weiter. Die Gase, die am meisten zur Wärmeabsorption beitragen (= Treibhausgase), sind Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Ozon und Distickstoffmonoxid.

A2 Weltweit werden für Ölpalmenplantagen große Regenwaldflächen gerodet. Erläutern Sie mögliche Konsequenzen für den Treibhauseffekt.

Die Rodung der Regenwälder setzt den dort gebundenen Kohlenstoff frei. Das gilt besonders bei Brandrodung. Die angelegten Plantagen werden bewirtschaftet. Technik mit Verbrennungsmotoren kommt zum Einsatz, Kohlenstoffdioxid wird produziert. Der Boden des Regenwaldes ist nährstoffarm. Dünger ist also nötig. Dessen Herstellung verursacht ebenfalls Kohlenstoffdioxid. Die Anlage der Palmölplantagen wird den Treibhauseffekt also verstärken.

S. 412 **27.2** Der durch den Menschen verstärkte Treibhauseffekt verändert das Klima

A1 Erläutern Sie die neben der Temperaturerhöhung zu erwartenden Auswirkungen des Treibhauseffekts.

Die Temperaturerhöhung führt zum Auftauen der Permafrostböden. Dadurch wird weiteres CO₂ und Methan frei, was wiederum die Erwärmung beschleunigt. Außerdem können durch weltweite Erhöhung der Luft- und Wassertemperaturen Veränderungen innerhalb der Meeresströmungen und des Kohlenstoffkreislaufs eintreten, deren Folgen kaum vorhergesagt werden können.

A2 Das Abtauen der Gletscher in den Hochgebirgen und an den Polkappen ist ebenfalls ein selbstverstärkender Prozess des Treibhauseffekts. Begründen Sie das. Eis reflektiert im Gegensatz zu Fels oder Boden den größten Teil des Lichts und der Wärmestrahlung. Taut das Eis ab, wird auf den nun dunklen Flächen mehr Lichtenergie in Wärmeenergie umgewandelt. Die Atmosphäre erwärmt sich noch stärker.

S. 414 **27.3** Menschliche Aktivitäten bedrohen die Biodiversität

A1 Biodiversität umfasst neben der genetischen Vielfalt der Individuen einer Art auch Artenvielfalt und Ökosystemvielfalt. Erklären Sie, dass die beiden letztgenannten Aspekte eng zusammenhängen. Verwenden Sie dazu auch die Tabelle. Ökosysteme sind Ergebnis der dynamischen Beziehungen zwischen Biotop und Biozönose. Je mehr Biotope ein Ökosystem hat, umso vielfältiger sind die Qualitäten der abiotischen Umweltfaktoren im Gebiet, die dann natürlich auch den Bedürfnissen von viel mehr Arten entsprechen. Die Daten der Tabelle bestätigen das: In gewässerreichen Gebieten im Tiefland gibt es Seen, Teiche, Fließgewässer, feuchte und trockene Wiesen und Wälder mit entsprechend großer Anzahl der dort lebenden Arten (bis zu 140 Arten Brutvögel). Im Gegensatz dazu stehen z. B.

große Agrargebiete, in denen nur wenige Ökosysteme existieren. Dort herrscht Artenarmut (< 15 Arten Brutvögel).

Anmerkung: Bergbaufolgelandschaften der Tagebaue sind aufgrund der verschiedenen Sukzessionsphasen und des Wechsels von trockenen und feuchten Standorten mit Gewässern sehr oft sehr reich an verschiedenen Biotopen.

A2 Recherchieren Sie, wie durch menschliche Aktivitäten die Biodiversität in Ihrer Region beeinflusst wird. Finden Sie positive und negative Beispiele.
Individuelle Schülerlösung

S. 416 **27.4 Die Globalisierung beeinflusst die Ökosysteme**

A1 Geben Sie die im Text genannten Neobiota Deutschlands in einer Tabelle gemeinsam mit ihren Herkunftsregionen und der Art der „Einreise“ an. Recherchieren Sie die im Text dazu nicht genannten Angaben.

Neobiota	Herkunftsregion	„Einreise“
Riesenbärenklau	Kaukasus	als Gartenpflanze, dann verwildert
Erreger der Krebspest (Pilz)	Amerika	mit infizierten Krebsen aus Amerika
Erreger des Ulmensterbens	Asien, später Rückimport aus Amerika	Holzhandel
Tigermücke	tropisches Asien	breitet sich selbst aus, durch Klimaerwärmung gefördert
Nilgans	Afrika	zur Geflügelhaltung ausgesetzt oder geflohen
Zebrauschel	Schwarzmeergebiet	an Schiffen angeklebt, Larven im Ballastwasser von Schiffen

A2 Neobiota verändern unsere Ökosysteme. Stellen Sie die beobachteten und möglichen Veränderungen des Ökosystems Bodensee durch die Einwanderung der Zebrauschel zusammen. Zebrauscheln filtern das Wasser und ernähren sich von Phytoplankton und Zooplankton.

Die Zebrauschel ist ein neuer, jetzt massenweise vorkommender Konsument im Bodensee. Es wird beobachtet, dass es zu Veränderungen im Nahrungsnetz kommt. Die Reiherenten fressen diese neue Nahrung und können deshalb in größerer Anzahl auf dem Bodensee überwintern. Mehr Wasservögel geben mehr Kot ins Wasser ab. Das könnte über die Destruenten zu einer Erhöhung des Angebotes an Pflanzennährstoffen und damit zu mehr Algenwachstum führen.

Vermutlich konkurrieren Zebrauscheln auch mit anderen Tieren, die Plankton fressen (z. B. einheimische Muscheln, Kleinkrebse, Fischlarven u. a.). Diese Bestände könnten abnehmen.

S. 418 **27.5 Wirksamer Artenschutz gelingt nur in großflächigen Schutzgebieten**

A1 Die ehemalige innerdeutsche Grenze war Sperrgebiet. Sie wurde zum Refugium für viele seltene, gefährdete Pflanzen- und Tierarten. Wälder, Feuchtgebiete, Heiden und naturnahe Fließgewässer bilden heute auf 1400 km Länge ein einzigartiges, länderübergreifendes System mit verschiedenen Lebensräumen. Erklären Sie, weshalb es vonseiten der Naturschützer begründete Forderungen zur Unterschutzstellung dieses „Grünen Bandes“ gab.

Das ehemalige Grenzgebiet bot die Chance, ein sehr großes und zusammenhängendes Gebiet mit einer beeindruckenden Biodiversität (Arten- und Biotopreichtum) zu schützen. Gleichzeitig ist das Grüne Band ein riesiger Biotopverbund inmitten unseres Landes.

A2 Luchse leben hauptsächlich von Rehen in etwa 100 km² großen Revieren und erbeuten im Durchschnitt ein Tier pro Woche. Schätzen Sie den Einfluss des Luchses — möglicherweise als Schlüsselart — in mitteleuropäischen Waldökosystemen ab.

Ein hoher Rehbestand hat durch Verbiss eine negative Auswirkung auf die natürliche Verjüngung und damit die Struktur eines Waldes. Das wiederum beeinflusst das Vorkommen vieler anderer Tierarten stark. Luchse (und Wölfe) gehören zu den wichtigsten natürlichen Gegenspielern der Rehe. Fehlen Luchse (und Wölfe), steigt der Rehbestand und die natürliche Verjüngung des Waldes ist gefährdet.

S. 419 **27.6 Monokulturen sind anfällig für Katastrophen**

A1 Herbizide mit dem Wirkstoff Glyphosat sind die weltweit am häufigsten verwendeten Pflanzenschutzmittel. 2014 wurden von der umstrittenen Chemikalie über 800 000 t eingesetzt. Informieren Sie sich über den Wirkstoff Glyphosat und stellen Sie in einer Tabelle die Vor- und Nachteile des großflächigen Glyphosateinsatzes zum Schutz von Monokulturen gegenüber.

Vorteile	Nachteile
Das Totalherbizid vernichtet alle Pflanzen und damit aller Unkräuter..	Verwendung nur vor und nach der Ernte möglich
Einige gentechnisch veränderte Kulturpflanzen (z. B. Mais, Soja, Baumwolle) können Glyphosat abbauen und deshalb auch während der Kultur gespritzt werden.	Gentechnisch verändertes Saatgut muss zusammen mit dem glyphosathaltigen Herbizid immer neu gekauft werden Die Anzahl der Unkräuter, die resistent gegen das Mittel sind, wächst.
	Es vernichtet auch Wildkräuter am Feldrand und angrenzenden Flächen (Verlust der Artenvielfalt).
Mit Glyphosat können Monokulturen (z. B. Getreide bei ungünstigen Witterungsbedingungen) kurz vor der Ernte zum Absterben gebracht werden. Das verhindert Ertragsausfall und erleichtert den Einsatz der Technik.	Glyphosat gelangt in die Nahrungskette. Es wurde bereits in einigen Nahrungsmitteln, Kuhmilch und im Urin von Menschen nachgewiesen.
	Schädigungen von Menschen sind nicht ausgeschlossen. Glyphosat steht im Verdacht, krebserregend zu sein.

A2 Der Bananensorte „Cavendish“ könnte weltweit das Gleiche passieren wie im 19. Jahrhundert dem Kaffee in Ceylon. Recherchieren Sie Ursachen für die weltweite Gefährdung dieser Bananensorte und stellen Sie die Informationen steckbriefartig dar.

Bananensorte „Cavendish“

- dominierende Sorte weltweit (auf ca. 95% der Anbaufläche)
- Alle Pflanzen sind durch die ungeschlechtliche Fortpflanzung der Sorte genetisch gleich.

Gefahr:

- Pilz (*Fusarium oxysporum f. sp. cubense*) = Tropical Race 4
- Pilzsporen sind sehr langlebig (mehrere Jahrzehnte)
- Pilzsporen sind leicht mit Erde, Werkzeugen und technischem Gerät zu übertragen.

Bekämpfung:

- Wirksame Gegenmittel sind bisher nicht bekannt.
- Sortenreichtum auf den Plantagen kann Ausbreitung verringern.
- eventuell gentechnisch veränderte Sorten einsetzen
- Verhindern der Ausbreitung
- Anbau anderer weniger anfälliger Sorten; solche am Weltmarkt akzeptierte Sorten stehen aber derzeit nicht zur Verfügung.

S. 421 **27.7** Wir können unsere Umweltprobleme nur durch Nachhaltigkeit lösen

A1 Die Begriffe „Wachstum“ und „Wohlstand“ sind in der gesellschaftlichen Diskussion positiv besetzt und werden oft als Ziel politischen Handelns genannt. Diskutieren Sie die beiden Begriffe vor dem Hintergrund globaler Nachhaltigkeit. Verwenden Sie dabei auch die Abb. 1, 2 und 3.

z. B.:

Abb. 1:

Die Menschheit verbraucht seit 1970 mehr Ressourcen, als nachhaltig erwirtschaftet werden können.

Abb. 2:

Der Ressourcenverbrauch ist nicht gleichmäßig auf der Erde verteilt. Besonders hoch ist er in Nordamerika, Europa, Japan, Australien und der Arabischen Halbinsel (= entwickelte Industriestaaten und Erdölproduzenten).

Niedrig ist er in Asien, Afrika, Mittel- und Südamerika.

Abb. 3:

Industrieländer (z. B. Deutschland) verbrauchen dauerhaft mehr Ressourcen, als sie nachhaltig produzieren können. Die wirtschaftliche Entwicklung von Ländern (z. B. China) erhöht den Ressourcenverbrauch noch weiter. Es gibt Länder, deren Umweltkapazität höher liegt als ihr Verbrauch (z. B. Brasilien); aber auch hier sinkt die Umweltkapazität.

Der hohe Ressourcenverbrauch der Industriestaaten funktioniert nur, weil andere Staaten weniger verbrauchen und weil von der „Substanz“ gelebt wird. Wachstum ist global betrachtet nur nachhaltig, wenn es bei geringerem Ressourcenverbrauch erwirtschaftet wird (Senken des globalen ökologischen Fußabdruckes). Ein globaler Wohlstand auf dem aktuellen Niveau der Industriestaaten ist nicht möglich, weil dafür die Biokapazität der Erde nicht ausreicht.

A2 Bieten Biodiesel oder Bioethanol im E10 — beides Treibstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen — Möglichkeiten, gleichzeitig Mobilität zu garantieren und den ökologischen Fußabdruck zu verringern? Informieren Sie sich und diskutieren Sie Pro und Contra.

Auf der einen Seite ist Treibstoff aus Biomasse CO₂-neutral. Bei der Verbrennung wird nur so viel CO₂ freigesetzt, wie vorher durch Fotosynthese gebunden wurde. Auf der anderen Seite entstehen durch die enormen Flächen, die zur Treibstoffproduktion gebraucht werden, neue ökologische und ethische Probleme: Monokulturen mit Ölpflanzen sind artenarme „ökologische Wüsten“. Hunderte Millionen Menschen hungern — dürfen auf den beschränkten Anbauflächen dann Industrieprodukte statt Nahrungsmittel angebaut werden? Die Ausdehnung von Anbauflächen geht zum Teil auf Kosten natürlicher Vegetation (z. B. Regenwald) — mit deutlichen negativen Auswirkungen auf die Ökobilanz des Bio-Treibstoffs.

Kombiniere!

A1 Neobiota sind Organismen, die in fremde Lebensräume bewusst oder unbewusst eingebracht werden und die sich dort dauerhaft etablieren konnten. In etlichen Fällen können sie sich sehr stark ausbreiten und verdrängen dann einheimische Arten.

a. Recherchieren Sie zu den folgenden Neobiota in Deutschland: Herkulesstaude (*Heracleum giganteum*), Indisches Springkraut (*Impatiens glandulifera*), Varroamilbe (*Varroa destructor*) und Kartoffelkäfer (*Leptinotarsa decemlineata*). Erstellen Sie für die vier Arten jeweils einen tabellarischen Steckbrief mit den folgenden Aspekten: Erkennungsmerkmale; Herkunft / Gründe für die Einführung; Gründe für die Ausbreitung; Gefährdungen, die von den Organismen ausgehen; Bekämpfungsmöglichkeiten.

b. Stellen Sie eine Hypothese auf, welche generellen Eigenschaften von Organismen die dauerhafte Etablierung begünstigen können.

c. Diskutieren Sie die Notwendigkeit einer Bekämpfung der recherchierten Beispiele.

a.

	Herkulesstaude	Springkraut	Varroamilbe	Kartoffelkäfer
Erkennungsmerkmale	wird bis zu drei Meter hoch, große weiße Dolden, wächst an Waldrändern	an feuchten Standorten bis 2m hohe, einjährige Staude mit rosa Blüten	kleiner Parasit auf Bienen und ihren Larven, 4 Beinpaare	Käfer mit schwarz-gelb gestreiften Flügeldecken
Herkunft / Gründe für die Einführung	Kaukasus / Einführung als Gartenpflanze	Indischer Subkontinent / Gartenblume und wegen des Nektars als Bienenweide eingeführt	aus Asien, dort auf einer anderen Bienenart parasitierend / durch die Verbreitung der Honigbiene in Asien auf diese übergegangen	aus Colorado, dort ursprünglich an Nachtschattenpflanzen / versehentliche Einführung in Europa 1877
Gründe für die Ausbreitung	bildet sehr viele Samen (bis 50 000 pro Pflanze), die lange keimfähig sind, Wurzelstock ist mehrjährig	bildet viele Samen, die weit weg geschleudert werden	Transport der Bienenvölker und Versand von Königinnen weltweit	Durch den Anbau der Kartoffeln auf großen Feldern hat der Käfer gute Nahrungsbedingungen, keine Fressfeinde, da er ein schlecht schmeckendes Sekret abgibt.
Gefährdungen, die von den Organismen ausgehen	bildet einen Pflanzensaft, der bei Sonnenlicht zu schweren Brandblasen führt	An Gewässern bilden die lockeren Wurzeln keinen Uferschutz, durch ihr üppiges Wachstum verdrängen sie andere Pflanzen.	Die Bienen werden geschwächt, zusätzlich Gefahr der Übertragung von Viren, im Winter sterben viele Völker, Gefahr für die menschliche Ernährung, wenn die Bienen als Bestäuber ausfallen.	Breitet sich in Kartoffelfeldern aus und kann dort ohne Bekämpfungsmaßnahmen die ganze Ernte vernichten.
Bekämpfungsmöglichkeiten	Der Vegetationskegel muss 10 cm unter der Oberfläche abgetrennt werden, abmähen reicht nicht aus.	Ausreißen oder tiefer Schnitt vor der Blüte	Acracide (Mittel gegen Spinnentiere) inzwischen meist wirkungslos, auch Gefahr des Eintrags in den Honig. Einsatz organischer Säuren wie Ameisen-, Milch- oder Oxalsäure, eventuell erhöhte Temperaturen im Stock.	Auf kleinen Flächen ist das Absammeln der Eier, Larven und Käfer am effektivsten, in der Landwirtschaft werden verschiedene Insektizide und das Toxin von <i>Bacillus thuringiensis</i> verwendet.

b. Neobiota mit einer hohen Vermehrungsrate (z. B. viele Samen mit langer Keimfähigkeit), die keine Feinde in dem neuen Ökosystem haben und in Bezug auf ihre Nahrung möglichst Generalisten sind, haben gute Chancen für eine Etablierung mit hoher Präsenz. Je nach Region muss eine Überlebensfähigkeit zu allen Jahres-

zeiten gegeben sein, ggf. müssen auch Frostperioden oder Trockenheit überstanden werden.

c. Eine Bekämpfung der Herkulesstaude ist in Siedlungsnähe sehr wichtig, da die Pflanzensäfte schwere Verletzungen verursachen können. Je größer die Bestände werden, desto schwieriger wird die Bekämpfung.

Das Springkraut verdrängt zwar andere Pflanzenarten, es liefert aber auch im Spätsommer den Bienen noch wertvolle Nahrung. Eine Bekämpfung ist nur bei zu starker Ausbreitung notwendig.

Der Schutz der Bienen ist für die Nahrungsmittelproduktion weltweit essenziell, daher ist die Bekämpfung der Varroamilbe sehr wichtig.

Die Kartoffelkäfer sind eng an die Kartoffelfelder gebunden, eine Bekämpfung ist daher lokal möglich.

A 2 In Deutschland gibt es 8743 Naturschutzgebiete (Stand 2016), von denen 60% kleiner als 0,5 km² sind.

a. Erläutern Sie die Bedeutung der Größe von Naturschutzgebieten für die Biodiversität.

b. Das Grüne Band (→ Abb. 1), die ehemalige innerdeutsche Grenze, umfasst zwar nur 0,14% der in Deutschland unter Schutz gestellten Fläche, es hat aber eine enorme Bedeutung für die Biodiversität. Erläutern Sie die Gründe für diese besondere Bedeutung, obwohl es nur ein schmaler Streifen ist.

c. In den letzten Jahrzehnten sind im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft viele Hecken an den Feldrändern entfernt worden, da sie für die immer größeren Maschinen Hindernisse darstellten.

Immer häufiger werden beim Bau neuer Autobahnabschnitte Wildtierbrücken (→ Abb. 2) gebaut. Das sind breite begrünte Brücken, über die Tiere gefahrlos die Autobahn überqueren können. Obwohl sie 1–3 Mio. Euro kosten, gibt es inzwischen 73 solcher Brücken in Deutschland (Stand 2016). Erläutern Sie die Bedeutung von Hecken und Wildtierbrücken für die Biodiversität.

a. Bei kleinen Gebieten ist der Randeffekt im Verhältnis zur Fläche sehr groß und der ungestörte Innenbereich recht klein. Wie beim Barro Colorado ersichtlich, brauchen gerade größere Tiere auch große Flächen, um dauerhaft überleben zu können.

b. Das Grüne Band hat eine Länge von fast 1400 km und verbindet damit viele Naturschutzgebiete, die durch die damit vorhandenen Wanderungsmöglichkeiten letztlich zu einem großen zusammenhängenden Gebiet werden. Je mehr Gebiete durch anzulegende Korridore wie Hecken vernetzt werden, desto besser wird die Schutzfunktion erfüllt.

c. Hecken bieten Verstecke und die Möglichkeit für Wanderungen zwischen verschiedenen Waldstücken oder Feldgehölzen. Durch Autobahnen werden oft größere Waldstücke zerschnitten. Ein Wechsel zwischen den Stücken wird verhindert bzw. es werden viele Tiere überfahren. Eine möglichst große Zahl von Tierbrücken kann hier Abhilfe schaffen. Hecken und Tierbrücken verbinden kleinere Flächen zu größeren Lebensräumen.

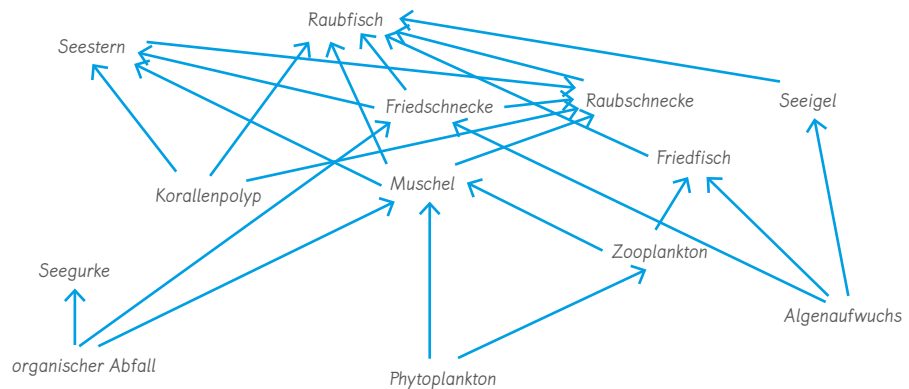
Abi-Training

A1

- a.** Beschreiben Sie, was unter einer Nahrungskette und einem Nahrungsnetz verstanden wird. Erläutern Sie den Unterschied zum System der Trophiestufen.
b. Erstellen Sie ein Nahrungsnetz für die in Abb. 1 genannten Organismen. Nennen Sie die jeweilige Trophiestufe.

a. Eine Nahrungskette ist die einfachste Form, Nahrungsbeziehungen in einem Ökosystem darzustellen. Auf jedes Glied der Nahrungskette folgt genau ein weiteres, nächst höheres, das sich vom vorherigen ernährt. Ein Nahrungsnetz spiegelt die Wirklichkeit besser wider als die Nahrungskette. Es berücksichtigt möglichst alle Nahrungsbeziehungen in einem Ökosystem, wodurch keine Kette, sondern ein System mit vielen Quervernetzungen entsteht. Dadurch ist es aber auch deutlich komplizierter und kann unübersichtlich werden. Während es bei der Nahrungskette und dem Nahrungsnetz häufig um die Darstellung der Beziehungen unterschiedlicher Arten zueinander geht, können unter jeder Trophiestufe viele Arten zusammengefasst werden, je nachdem, an welcher Stelle sie in einer Nahrungskette bzw. einem Nahrungsnetz stehen. Unterteilt wird in Produzenten (Pflanzen), Konsumenten verschiedener Stufen (primär, sekundär, tertiär ...) und Destruenten. Wird ausschließlich nach dem System der Trophiestufen kategorisiert, ist die Anzahl der Individuen in einem funktionierenden Ökosystem pyramidenförmig in die Trophiestufen verteilt. Sowohl in einem Nahrungsnetz als auch in einer Nahrungskette kann jedes Mitglied einer oder mehreren Trophiestufen zugeordnet werden.

b.



- A2** Ist der Dornenkronenseestern ein K- oder ein r-Strategie? Begründen Sie. Die hohe Nachkommenzahl pro Individuum von 50 Millionen lässt auf einen r-Strategen schließen. Sind die Umweltbedingungen plötzlich günstig, werden sehr viele der Larven überleben, sodass es zu einem exponentiellen Wachstum kommen kann. Organismen mit planktonischen Larven sind meist r-Strategen, unter anderem da hier keine Brutpflege stattfinden kann.

A3

a. Beurteilen Sie die beschriebenen Maßnahmen zur Bekämpfung der Dornenkronen.

b. Diskutieren Sie Vor- und Nachteile einer gezielten Infektion von Dornenkronen mit Bakterien.

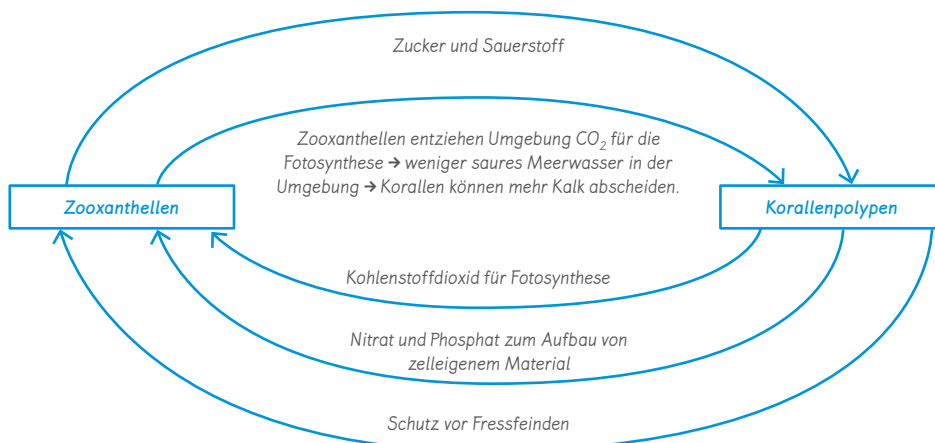
a. Das Töten eines Tieres ist immer kritisch zu sehen, andererseits verursacht der Dornenkronenseestern massive Schäden. Das Korallenriff beherbergt zahlreiche Arten dauerhaft und ist zudem bekannt als die „Kinderstube des Meeres“. Somit sind nicht nur die Korallen selbst durch den Dornenkronenseestern bedroht, sondern indirekt auch alle Organismenarten, die dort dauerhaft leben oder deren Jungtiere im Riff vor Fressfeinden geschützt sind. Der Einsatz eines Roboters würde die Arbeit für die Umweltschützer sehr erleichtern und könnte möglicherweise das Riff langfristig erhalten. Problematisch wären falsche Injektionen durch den Roboter, die andere Tiere töten. Doch bei entsprechender Überwachung sollte dies kein ernstes Risiko darstellen.

b. Der Vorteil einer bakteriellen Infektion der Dornenkronenseesterne läge darin, dass sich mit wenigen gezielten Infektionen sehr viele Dornenkronenseesterne gegenseitig anstecken könnten und nicht jeder einzelne Seestern gefunden und getötet werden muss. Problematisch an der Infektion von Dornenkronenseestern mit einem neuen Pathogen ist, dass letzteres in diesem Ökosystem bislang nicht vorkommt. Es wäre nicht auszuschließen, dass andere Seesternarten oder sogar andere Tiergruppen ebenfalls von diesen Bakterien krank gemacht oder getötet würden. Falls später der Versuch unternommen würde, das Pathogen zu stoppen, könnten bereits Resistenzen entstanden sein. Ein einmal freigesetzter Erreger könnte in dieser Umgebung vermutlich nie wieder „eingefangen“ werden. Die Entwicklung eines Abwehrstoffs, der die Dornenkronenseesterne vertreibt, klingt vielversprechend, allerdings müsste der Abwehrstoff dann ständig vorhanden sein, da die Seesterne sonst zurückkehren könnten. Fraglich ist auch, ob die Wirkung der Tritonshornschnecke auf einen Dornenkronenseestern, der kurz vor dem Verhungern steht, genauso groß ist wie in den Tests im Aquarium. Evtl. wäre es eine Möglichkeit, eine Kombination aus verschiedenen Methoden anzuwenden: beispielsweise viele Dornenkronenseesterne mithilfe des Abwehrstoffes zusammenzutreiben und dann alle auf einmal abzusammeln.

A4

Erläutern Sie den Begriff Symbiose. Nennen Sie die beiden Symbiosepartner, die die Steinkoralle ausmachen, und fassen Sie jeweils die Vorteile für die Partner zusammen. Erstellen Sie eine Concept-Map zu den Zusammenhängen zwischen Symbiosepartnern und Stoffaustausch in einer Steinkoralle.

Symbiose: körperlich enges Zusammenleben zweier Arten zum gegenseitigen Vorteil. Steinkoralle = Symbiose zwischen Zooxanthellen (einzelligen Algen) und Korallenpolypen



A5 Stellen Sie für jede der vier oben genannten Bedrohungen des Riffs eine begründete Hypothese der unmittelbaren Folge auf.

1. Stürme: Abbrechen von Korallenstöcken
2. zu hohe Wassertemperaturen: Korallenbleiche, da hohes Wasser Stress bedeutet und eine Stressreaktion von Korallenpolypen die Abgabe der Zooxanthellen ist. Korallenpolypen ohne Zooxanthellen sind farblos und verhungern.
3. Krankheiten: Absterben oder langsames Wachstum
4. Dornenkronenseesterne: Dezimierung der Korallenpopulation

A6 Erläutern Sie, ob das in Abb. 2 rechts gezeigte Verfahren ein Mittel gegen das Korallensterben sein könnte. Berücksichtigen Sie dabei auch die in Abb. 2 links gezeigten Versuchsergebnisse.

Laut dem gezeigten Diagramm wachsen Korallen besonders schnell auf Stahl, der unter einem sehr schwachen Gleichstrom steht. Außerdem lassen sich Korallenpolypenlarven bevorzugt auf Oberflächen mit hohem Kalkgehalt nieder. Das Stahlgestell bietet eine viel größere Oberfläche zum Ansiedeln als ein flacher Meeresboden. Somit ist das gezeigte Verfahren eine Möglichkeit, den Korallenpolypenlarven einen Lebensraum anzubieten, auf dem sie dann auch deutlich schneller wachsen können. Auch dort, wo nicht das Fehlen von freien Habitaten für die Korallenpolypenlarven ein Problem darstellt, ist das schnellere Wachstum sicher eine Möglichkeit, um dem Korallensterben entgegenzuwirken. Zusätzlich kommen Korallen auf dem unter Strom stehenden Stahl auch deutlich besser mit Stress (wie z. B. zu hohe Wassertemperaturen) zurecht und können so überleben.