**Biologie Jahrgangsstufe 13 im LehrplanPLUS**

**VI Ökologie und Biodiversität**

**3 Ökologie der Biosphäre**

Thomas Nickl, Dezember 2024

|  |
| --- |
| Bitte lesen Sie meine allgemeinen Anmerkungen zur Jahrgangsstufe 13 zu den Aspekten:Materialien, didaktisch-methodische Hinweise, Kompetenzen, Berufsbilder. [[docx]](https://www.bio-nickl.de/wordpress/wp-content/uploads/2025/02/Q13-Allgemein.docx) [[pdf]](https://www.bio-nickl.de/wordpress/wp-content/uploads/2025/02/Q13-Allgemein.pdf) |

Hinweise zu Buchner Q13 beziehen sich auf die Prüfversion.

[Zeitplan](#Öko50)

**VI Ökologie und Biodiversität**

[3 Ökologie der Biosphäre](#Öko51)

[*3.1 Wechselwirkungen von Biomen (nur eA-Kurs)*](#Öko52)

[*3.1.1 Einfluss von Ökosystemen auf das Klima*](#Öko53)

[*3.1.2 Auswirkungen auf die Biodiversität*](#Öko54)

[*3.2 Anthropogene Einflüsse auf die Biosphäre (nur eA-Kurs)*](#Öko55)

[*3.2.1 Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt*](#Öko56)

[*3.2.2 Mikroplastik*](#Öko57)

[*3.2.3 Invasive Arten*](#Öko58)

 [3.3 Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen](#Öko59)

 [3.4 Ethische Bewertung](#Öko60)

**Zeitplan**

Der LehrplanPLUS sieht für den Lernbereich 4.3 „Ökologie der Biosphäre“ im grundlegenden Anforderungsniveau (gA) ca. 4 und im erweiterten Anforderungs­niveau (eA) ca. 8 Unterrichts­stun­den vor (alle Formulierungen für den gA-Kurs gelten auch für den eA-Kurs). Die folgende Tabelle zeigt einen Vorschlag für einen Zeitplan:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Nummer** | **Abschnitte** | **Stunden****gA** | **Stunden****eA** |
| 1 | Wechselwirkungen von Biomen | – | 2 |
| 2 | Anthropogene Einflüsse auf die Biosphäre | – | 2 |
| 3 | Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen | 2 | 2 |
| 4 | Ethische Bewertung | 2 | 2 |
|  | **Summe** | **4** | **8** |

*Bei Zeitnot am Ende des Schuljahres bzw. wenn bei der Stoffwechsel-Biologie Stunden von der Ökologie „ausgeliehen“ worden sind, kann nach meinem Dafürhalten in den Abschnitten 3.3 und 3.4 insgesamt um etwa 2 Stunden ge­kürzt werden, im eA-Kurs auch mehr (vgl. Anmerkun­gen am Anfang der jewei­li­gen Abschnitte).*

**VI Ökologie und Biodiversität**

**3 Ökologie der Biosphäre**

*Im gA-Kurs erscheint mir die Überschrift „Ökologie der Biosphäre“ für die beiden Unter­punkte „Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen“ und „Ethische Bewertung“ nicht sinnvoll. Es ist wohl besser, diese beiden Unterpunkte im gA-Kurs als 2.6 und 2.7 an den Lern­bereich 4.2 „Anthropogene Einflüsse und der Wert der Biodiversität“ anzuhängen.*

**3.1 Wechselwirkungen von Biomen** (nur eA-Kurs)

(ca. 2 Stunden)

|  |  |
| --- | --- |
| **Inhalte zu den Kompetenzen** | **Kompetenzerwartungen: Die Sch. …** |
| Wechselwirkungen von Biomen: Einfluss von Öko­systemen auf das globale Klima (Kohlenstoffdioxid­senken, Wasserevaporation); Auswirkung von Ver­änderungen in Ökosystemen auf die Biodiversität (Nietenhypothese, Passagierhypothese) | beschreiben abiotische Wechselwirkungen, mit denen sich Biome gegen­seitig beeinflussen, um ihre welt­weite Vernetzung zu erläutern und die Auswirkungen von Störungen auf die Biodiversität zu modellieren. |

*Wenn Sie sich zuvor Stunden von der Ökologie „geborgt“ haben, ist es in diesem Abschnitt leicht möglich, eine Stunde einzusparen.*

**Erklärvideo *Biotop*** (4:32)

<https://studyflix.de/biologie/biotop-2440>

Einsatz: für den Unterricht weniger sinnvoll, gut geeignet aber zur Wiederholung bzw. zum ergänzenden Selbststudium der Kurs­teilnehmer

Inhalt: viele Fachbegriffe werden kurz vorgestellt und in einen Kontext gestellt (u. a. Biozönose, Ökosys­tem, Biom, Biosphäre); Unterschied von Biotop und Habitat; Biotop-Typen; Biotopverbund

Der Begriff Biom ist nicht eindeutig definiert: Mal ist nur die Lebensgemeinschaft (Biozönose) gemeint, mal das gesamte Ökosystem (mit Biotop und Biozönose). Klar ist allerdings, dass es sich um einen weit ausgedehnten Bereich der Erdoberfläche handelt. (Im deutschsprachigen Raum hat sich das System nach Heinrich Karl Walter und Siegmar-Walter Breckle durchgesetzt, in dem neben den typischen Vegetationsformen auch der Bodentyp ausschlaggebend ist.)

Beispiele für Land-Biome sind:

* tropischer Regenwald
* Savanne
* subtropische Wüsten
* mediterrane Hartlaubgehölze
* immergrüner Wald der gemäßigten Zonen
* borealer Nadelwald
* baumfreie Tundra

**3.1.1 Einfluss von Ökosystemen auf das Klima**

*Das Thema scheint im Teilabschnitt 2.2.1 „Treibhauseffekt“ bereits auf.*

Die Veränderungen im Klima beeinflussen Ökosysteme durch den Anstieg der globalen Luft­tem­pe­ratur, öftere und heftigere Sturm- wie Niederschlags-Ereignisse sowie Dürren. Umge­kehrt beeinflussen aber auch Ökosysteme (Biome) das Klima, indem sie z. B. als Barrieren für Winde wirken, Niederschläge speichern, die Luftfeuchtigkeit erhöhen oder Kohlenstoffdioxid aufnehmen und damit der Erderwärmung entgegen wirken.

**a) Kohlenstoffdioxid-Senken**

*Vgl. k) im Teilabschnitt 2.2.1 „Treibhauseffekt“.*

Orte der Freisetzung eines Stoffes oder einer Energieform nennt man Quelle, Orte der Bindung (Aufnahme) eines Stoffes oder einer Energieform nennt man Senke. Zunächst sollte eine kurze Übersicht zu den natürlichen Senken für Kohlenstoffdioxid erstellt werden (vgl. Tabelle in Teilabschnitt 2.2.1, bei k):

* Photosynthese: Während im Energiestoffwechsel die durch Photosynthese entstandenen organischen Stoffe schnell wieder in Kohlenstoffdioxid und Wasser umgewandelt wer­den, bleiben sie im Baustoffwechsel längere Zeit erhalten, z. B. in Form von Baumstäm­men und -ästen, nach dem Einschlag auch als Bauholz\* in menschlichen Bauten, als Torf in Mooren oder als fossile Brennstoffe, die vor vielen Millionen Jahren aus Biomas­se entstanden sind. Die organischen Stoffe im Mutterboden stellen den größten terrestri­schen Kohlenstoffspeicher dar, sind aber gleichzeitig auch die größte natürliche Quelle für Kohlenstoffdioxid.

\*) US-amerikanische Forscher haben Pappeln mit Hilfe der CRISPR/Cas-Methode genetisch so verändert (durch Ausschaltung des Gen 4CL1), dass sie ligninarmes Holz erzeugen, das sich leicht verdichten und dann sehr gut im Häuserbau ein­setzen lässt. (Frank Schubert: Genetisch modizifierte Pappeln erleichtern Herstellung von Superholz. In Spektrum der Wissenschaft 11.2024, Seite 28)

* Ozeane: „In den zurückliegenden Jahrzehnten haben alle Meere zusammen etwa 25 Pro­zent der menschengemachten CO2-Emissionen aus der Atmosphäre aufgenommen.“ 1) Bei der Reaktion von Kohlenstoffdioxid mit Wasser entsteht Kohlensäure, die zwar eine sehr schwache Säure ist, aber in dieser Menge deutlich zur Versauerung der Meere beiträgt (der pH-Wert sinkt). Je saurer das Wasser ist, desto stärker werden Kalkskelette von Tieren (z. B. die Schalen von Muscheln, Schnecken, Kalkkorallen) angegriffen (Korallenriffe stellen Lebensräume für sehr viele Wassertiere dar, sie sind durch Über­säuerung der Meere stark gefährdet). Entscheidend für die Kapazität als Kohlen­stoff­dioxid-Senke ist das Ausmaß der Durchmischung des Wassers: Je weiter nach unten die Kohlensäure befördert wird, desto mehr Kohlenstoffdioxid kann vom Meer insgesamt aufgenommen werden. Mit 40.000 Milliarden Tonnen speichern die Ozeane etwa 50 mal mehr Kohlenstoff als die Atmosphäre.

Bestimmte Wale wie z. B. der Pottwal nehmen in großer Tiefe Nahrung auf. Zum Atmen kommen sie an die Oberfläche und entlassen dort ihren Kot, der als Dünger für Phyto­plankton wirkt. Somit befördern diese Wale Mikronährstoffe aus den Tiefen des Ozeans an die Oberfläche (Lift). Das Phytoplankton nimmt Kohlenstoffdioxid auf und bildet damit Biomasse; nach ihrem Absterben sinkt diese Biomasse in große Tiefen ab.

 1) Katharina Menne: Das Meer als Verbündeter. In Spektrum der Wissenschaft 1.2025, Seite 15.

* Gesteinsbildung: Viele Tiere, v. a. im Meer, erzeugen Kalkskelette. Das dafür nötige Calciumcarbonat bildet sich aus im Wasser gelösten Calcium-Ionen und Carbonat-Ionen (die sich beim Lösen von Kohlenstoffdioxid in Wasser bilden\*). Nach ihrem Tod sinken die Skelette auf den Boden, werden mechanisch zerkleinert und im Laufe der Zeit zu Kalkstein verpresst. Nur 0,05 % des auf der Erde vorkommenden Kohlenstoffs steht der Biosphäre zur Verfügung, 99,95 % sind in Form von Gesteinen (v. a. Kalk) gebunden. Nur wenig davon wird durch vulkanische Tätigkeit wieder freigesetzt.

\*) Die Gleichgewichtsreaktionen dazu stellen keine Lerninhalte dar:

Bildung von Kohlensäure: CO2 + H2O H2CO3

erste Protolyse mit Bildung von Hydrogencarbonat: H2CO3 + H2O H3O+ + HCO3–

zweite Protolyse mit Bildung von Carbonat: HCO3– + H2O H3O+ + CO32–

Wenn Wälder oder Moore vernichtet werden, gehen wichtige Kohlenstoffdioxid-Senken ver­loren. Deshalb sind Aufforstung wie auch Wiedervernässung von Mooren Maßnahmen, durch die zusätzliches Kohlenstoffdioxid gebunden werden kann.

Darüberhinaus gibt es Konzepte für künstliche Senken für Kohlenstoffdioxid:

* Verpressung von Kohlenstoffdioxid in unterirdische Speicherräume bzw. im Meeres­boden: CCS = Carbon Dioxide Capture and Storage (sehr hoher Energie­auf­wand, Gefahr des nachträglichen Ausgasens); für Deutschland seit 2024 gesetzlich erlaubt
* Forcierung der Gesteinsbildung im Ozean, indem große Mengen fein gemahlener basi­scher Mineralien (z. B. Brucit, der v. a. auch Magnesiumhydroxid besteht) auf dem Meer ausgebracht werden, die mit Kohlenstoffdioxid reagieren und dadurch schwer lösliche Carbonate bilden, die auf den Meeresboden absinken (dagegen gibt es ökologische, finan­zielle und energetische Bedenken) 2)

(Magnesiumhydroxid dissoziiert im Meerwasser und setzt Magnesium-Ionen (Mg2+) frei, die sich mit Carbonat-Ionen (CO32–) zu praktisch unlöslichem Magnesiumcarbonat (MgCO3) ver­binden. Kein Lerninhalt.)

* Ozeandüngung: Einbringen von Mineralien ins Meer, die dort Mangelware sind (Mini­mumfaktoren wie z. B. Eisen-Ionen), um das Algenwachstum zu beschleunigen. Ein Teil der abgestorbenen Algen sinkt dann auf den Meeresboden (geringe Kosten, relativ hohe Wirkung) 2)
* Künstlicher Lift: Tiefenwasser im Ozean, das mit Mikronährstoffen angereichert ist, wird in die oberen Wasserschichten gepumpt, um dort das Algenwachstum zu beschleu­nigen (relativ hohe Kosten bei niedrigem Wirkungspotential) 2)

 2) nach Katharina Menne: Das Meer als Verbündeter. In Spektrum der Wissenschaft 1.2025, Seite 23.

**b) Wasserevaporation**

Evaporation im engeren (meteorologischen) Sinne bedeutet Verdunstung von Wasser auf unbe­wachsenem Land bzw. über Wasserflächen. Im Sinne des LehrplanPLUS ist darunter ein etwas weiter gefasster Begriff zu verstehen: Die Verdunstung von Wasser insgesamt, d. h. sowohl ohne wie auch mit Einwirkung von Lebewesen. Die wesentliche Komponente der Evaporation auf be­wach­senem Gebiet stellt in der Regel die Verdunstung durch die Spaltöffnungen (Stoma­ta) der Pflanzenblätter dar.

Besonders stark ist dieser Effekt in einem Biom, in dem durchgehend warme Temperaturen herrschen und in dem die Blattfläche pro Hektar besonders groß ist: im tropischen Regenwald.

Ein großer Teil des Regens, der auf tropischen Regenwald nieder geht, verdunstet relativ schnell und sorgt für eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit. Man schätzt, dass über dem südameri­kanischen Regenwald jeder Liter Wasser fünf bis sechs Mal verdunstet und erneut herab regnet. Durch die hohe Evaporationsrate über die Blätter ist es der Regenwald selbst, der für eine sehr hohe Jahresniederschlagssumme sorgt (über 2000 mm/a; z. B. 3000 mm/a in Manaus, das ist etwa drei Mal so viel wie in München). Modellberechnungen zeigen, dass dieser Effekt verloren geht, wenn der Bestand eines Regenwaldgebiets auf 20-25 % verringert wird. Damit wäre ein Kipp-Punkt erreicht, weil der Regenwald für seinen Fortbestand eine hohe Niederschlags­sum­me benötigt.

Durch die Vernichtung von tropischem Regenwald verringern sich diese Effekte global sehr deutlich. Dies hat noch nicht ganz absehbare Folgen für das globale Klima (Wind-, Temperatur- und Niederschlags­systeme). Was mit dem Regenwald geschieht, hat also auch Auswirkungen auf weit davon entfernte Gebiete wie Europa. Das ist ein Beispiel für eine globale Auswirkung eines regionalen menschlichen Eingriffs in die Biosphäre.

In Buchner, Seite 222, M1, ist der Wasserkreislauf im tropischen Regenwald dargestellt.

Der Umfang des Verlusts von tropischem Regenwald und dessen Auswirkungen auf das Klima sind in Buchner, Seite 223, M2, aufgezeigt.

**3.1.2 Auswirkung auf die Biodiversität**

Die Eingriffe von Menschen in Ökosysteme verursachen einen rasanten Rückgang bei der Bio­diversität, der in seinem Ausmaß mit den fünf historischen Massenaussterben durchaus ver­gleich­bar ist wie dem am Übergang von der Kreidezeit zur Erdneuzeit, als ein Asteroid vor 66 Millionen Jahren im Gebiet des heutigen Golf von Mexiko einschlug, wobei unter anderem alle Dinosaurier und alle Ammoniten ausstarben.

zu den Vorzeit-Massenaussterben vgl. z. B. Buchner, Seite 224, M1

Als Ursachen für das derzeitige Artensterben gelten folgende Mechanismen:

* Klimawandel: zu schnell, als dass bestimmte Arten durch natürliche Selektion darauf reagieren könnten, bzw. zu wenig Rückzugsgebiete mit kühleren Temperaturen
* chemische Veränderungen: Einsatz von Pestiziden, Überdüngung, Freisetzung von hor­monartig wirkenden Substanzen (z. B. über Kunststoffe oder Medikamente; vgl. Teil­abschnitt 3.2.1)
* Zerstörung natürlicher Lebensräume, um Nutzflächen für den Menschen zu schaffen
* übermäßige Entnahme von Süßwasser aus Flüssen, Seen, Grundwasser (v. a. ein Prob­lem in ariden Gebieten)

zu Ursachen und Auswirkungen des Artensterbens vgl. z. B. Buchner, Seite 225, M3

Wenn Ökosysteme vom Menschen verändert werden, hat dies Auswirkungen auf alle Ebenen der Biodiversität (vgl. Teilabschnitt 2.1.1):

* Die Variabilität innerhalb der einzelnen Populationen sinkt, wenn die Individuenzahl durch Einschränkungen des Lebensraums kleiner wird. Dadurch ist die Wahrscheinlich­keit höher, dass Allele fehlen, die sich in einer veränderten Umweltsituation als vor­teil­haft erweisen könnten.
* Die Vielfalt der Arten im Ökosystem sinkt, wenn aufgrund der Veränderungen be­stimmte ökologische Nischen nicht mehr existieren.
* Die Vielfalt der Lebensräume (Biotope) sinkt. Dadurch ist es für bedrohte Arten schwie­riger, ein Ausweichquartier zu finden.

In der Diskussion um geplante Maßnahmen, bei denen Ökosysteme verändert werden, muss berücksichtigt werden, welchen Einfluss das Fehlen bzw. der Rückgang bestimmter Arten auf die jeweiligen Ökosysteme haben wird. Dabei stehen sich u. a. folgende Modelle zur Funktion der Biodiversität gegenüber:

* **Nieten-Hypothese**: Rumpf, Flügel und Leitwerke eines Flugzeugs werden mit Nieten zusammengehalten. Je mehr Nieten fehlen, desto instabiler wird das Flugzeug (linearer Zusammenhang; jede Niete zählt). Je mehr Nieten von vorneherein angebracht wurden, desto stabiler ist das Flugzeug bzw. desto mehr Nieten können fehlen, bevor es gefähr­lich wird. (Jede Niete steht dabei für eine Art.)
* **Passagier-Hypothese**: Hier entspricht jeder Mensch im Flugzeug einer Art. Von Bedeu­tung für die Sicherheit des Flugzeugs sind Piloten, Begleitpersonal, Mechaniker, nicht aber Passagiere. Übertragen auf die Ökologie bedeutet das: Es gibt Arten, die für die Stabilität des Ökosystems entscheidend sind, neben Arten, die im Ökosystem leben, dort aber auch fehlen können, ohne dass dies dessen Stabilität beeinträchtigen würde.

Naturschutzverbände neigen zur Nieten-Hypothese, Industrie-Konzerne eher zur Passagier-Hypothese. Umfassende wissenschaftliche Untersuchungen zur Bedeutung der einzelnen Arten in großen Ökosystemen stehen allerdings noch aus.

vgl. Buchner, Seite 225, M2

**3.2 Anthropogene Einflüsse auf die Biosphäre** (nur eA-Kurs)

(ca. 2 Stunden)

|  |  |
| --- | --- |
| **Inhalte zu den Kompetenzen** | **Kompetenzerwartungen: Die Sch. …** |
| Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf die Bio­sphäre: hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt, Mikroplastik, invasive Arten | erklären an konkreten Beispielen die globalen Aus­wirkungen lokaler menschlicher Eingriffe auf die Bio­sphäre. |

*Auch bei diesem Abschnitt kann bei Zeitnot leicht auf eine Stunde verkürzt werden. Andererseits eignen sich bei genügend Zeitreserve die Themen des Abschnitts 3.2 gut für Recherchen und Kurzreferate durch die Kursteilnehmer.*

**3.2.1 Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt**

Hormonpräparate zur Empfängnisverhütung gelangen teilweise über das Abwasser in die Um­welt. Andere Stoffe haben hormonartige Wirkung, obwohl sie für ganz andere Zwecke produ­ziert werden (s. u.). Wenn solche Stoffe von Lebewesen über die Nahrung oder über die Haut aus der Umwelt aufgenommen werden, können sie den Hormonhaushalt mehr oder weniger stark schädigen. Dies kann negative Auswirkungen auf die Gesundheit, die individuelle Ent­wicklung oder die Fortpflanzungsfähigkeit haben. So beobachtet man in Deutschland seit Jahr­zehnten eine sinkende Fruchtbarkeit beim Menschen.

Neben natürlichen Hormonen aus Pflanzen und Tieren sowie Hormonpräparaten in der Human-und Tiermedizin wirken in der Umwelt synthetische Substanzen, bei denen die Hormonwirkung nicht beabsichtigt ist, z. B.:

* Weichmacher wie Bisphenol A (Verbot in Deutschland ab 2025) oder Phthalate, die dafür sorgen, dass Kunststoff nicht spröde ist, sondern elastisch
* Flammschutzmittel wie bromierte Diphenyle und Diphenylether, die dafür sorgen, dass Kunststoffe oder andere brennbare Stoffe nicht entflammen bzw. nicht heftig brennen
* einige Herbizide (gegen bestimmte Pflanzen) und Insektizide (gegen Insekten)
* Abbauprodukte des Insektizids DDT (Dichlor-diphenyl-trichlorethan), das zwar seit den 1970er-Jahren in Europa verboten ist, von dem aber noch Altbestände in Ökosystemen verteilt sind
* polychlorierte Biphenyle (PCBs), die bis zu ihrem Verbot in Deutschland 1989 z. B. in Isolierölen von Transformatoren oder als Weichmacher in Kunststoffen und Dichtungs­massen eingesetzt wurden, stehen im Verdacht, bei männlichen Tieren für Unfrucht­bar­keit zu sorgen

Eine gute und kurze Zusammenfassung wird auf der Webseite des Ökotoxzentrums gegeben, welche die Merkmale einer zuverlässigen Quelle zeigt (Autoren werden genannt, sind erreich­bar; Quellen werden genannt und verlinkt; wissenschaftlicher Sprachduktus) und sich für die Bearbeitung durch Kursteilnehmer eignet:

<https://www.oekotoxzentrum.ch/media/2235/2012_hormonaktive_stoffe_de.pdf>

vgl. Buchner, Seite 226, M1

**3.2.2 Mikroplastik**

*Am Beispiel Mikroplastik lässt sich sehr gut zeigen, wie lokale menschliche Eingriffe (z. B. wenn der Müll einer Insel in eine Bucht geschüttet wird) zu globalen Auswirkungen führen (vgl. die Formulierung bei den Kompetenzerwartungen).*

**Erklärvideo von explainity: *Mikroplastik einfach erklärt*** (4:06)

<https://www.youtube.com/watch?v=NjGdeeCVa9c>

Einsatz: im Unterricht und zum Selbststudium hervorragend geeignet

Inhalt: umfassende, klar dargestellte Information

Gegenstände mit oder aus Plastik; nicht abbaubar; Zerfall in Mikro- und Nanoplastik (sekundäres Mikro­plastik, Beispiel Reifenabrieb); primäres Mikroplastik: kleine Pellets als Rohmaterial bei der Herstellung von Kunststoffartikeln sowie Granulate in Produkten; Verteilung und Zerkleinerung an Land und im Wasser; an der Oberfläche lagern sich Krankheitserreger und Giftstoffe an; Verwechslung mit Nahrung, Nahrungskette; Folgen der Aufnahme von Mikroplastik in den Körper; alternative Materialien und Recycling

Als Mikroplastik bezeichnet man Kunststoff-Objekte zwischen 5 mm und 0,001 mm (1 µm). Ihre Herkunft in der Umwelt ist unterschiedlich:

* Mikroplastik-Partikel, die als solche für den Gebrauch produziert wurden (primäres Mi­kro­plastik) z. B. als Zusatz in Peeling, Duschgel, Shampoo, Zahnpasta oder Babywindel
* Faserabrieb von Kunstfasern in Fleece-Jacken, Sportkleidung oder T-Shirts (sekundäres Mikroplastik)
* Bruchstücke aus Kunststoffartikeln, v. a. Verpackungsmaterial wie Getränkeflaschen oder Plastiktüten (sekundäres Mikroplastik)
* Abrieb von Autoreifen (mit etwa einem Drittel der größte Anteil bei Mikroplastik an Land)

Der Transport in den Boden erfolgt v. a. durch Wind, der Transport ins Meer v. a. über Abwasser und Flüsse.

Die Zerkleinerung erfolgt durch Abrieb, Wellenschlag bzw. Brüchigwerden durch Sonnenein­strahlung.

In Deutschland werden nach einer Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicher­heits- und Energietechnik von 2018 jährlich rund 446.000 Tonnen Kunststoffe in die Umwelt freigesetzt, davon ca. 330.000 Tonnen in Form von Mikroplastik. Das sind etwa 4 kg pro Person (im weltweiten Vergleich ein extrem hoher Wert). Der größte Anteil des Mikroplastik im Meer stammt aus der Fischerei: Bruchstücke von Fangnetzen und Reusen.

Makroplastik im Meer wird von Strömungen zusammengetrieben, z. B. durch den Nordpazifik­wirbel, der den *Großen Pazifischen Müllteppich* (Great Pacific Garbage Patch) mit einer Aus­dehnung von 1,6 Millionen Quadratkilometern gebildet hat. Er besteht neben Makro- auch aus Mikroplastik.

Problematik:

* Kunststoffe sind sehr schwer abbaubar (allerdings gibt es in unseren Böden Mikroorga­nismen, die Polyethen verstoffwechseln können, und es wurden bereits Mikroorganis­men entdeckt, die Polyethen-terephthalat PET abbauen können) und verbleiben deshalb über Jahrzehnte und Jahrhunderte in der Umwelt.
* Kunststoff-Partikel wurden praktisch überall in der Biosphäre nachgewiesen, selbst in Kreb­sen, die in Tiefseegräben leben.
* Mikroplastik wird von Lebewesen im Boden bzw. im Meer mit Nahrung verwechselt und verzehrt. Bei einer Untersuchung im Nordatlantik wurde 2015 festgestellt, dass der Verdauungstrakt bei 73 % der gefangenen Fische Mikroplastik enthielt. Auch in vielen anderen Wassertieren wurden mit großer Häufigkeit Mikroplastik-Partikel gefunden.
* Kunststoffe enthalten oft Zuschlagstoffe wie Weichmacher u. a., die hormonartig bzw. giftig wirken. Dazu kommt, dass sich freie unpolare Giftmoleküle (wie polyzykli­sche aromatische Kohlenwasserstoffe) an unpolare Kunststoff-Partikel aus Polyethen oder Polypropen anheften.
* Menschen nehmen sehr kleine Plastik-Partikel (Nanoplastik: unter 1 µm) mit der Nah­rung auf bzw. atmen sie ein (v. a. Textil- und Reifenabrieb).
* Mikroplastik kann das Wachstum bei Pflanzen beeinflussen und bei Tieren zu Entzün­dungen, Veränderungen im Stoffwechsel und Verhaltensänderungen führen. Zudem kön­nen am oder im Plastik-Partikel befindliche Giftmoleküle freigesetzt werden.
* Eine abschließende gesundheitliche Risikobewertung für die Auswirkungen von Mikro­plastik auf den Menschen kann derzeit noch nicht erfolgen.

Eine gute Quelle zu diesem Thema, auch für Kursteilnehmer, ist der Wikipedia-Artikel „Mikroplastik“.

**3.2.3 Invasive Arten**

*Hier kommt es zu Überschneidungen mit Teilabschnitt 1.6.4. „Neobiota“. Dort finden Sie di­dak­ti­­­sche Hinweise und viele Beispiele für Neobiota, wie invasive Arten auch genannt werden. Ich nenne hier deshalb nur Kriterien für die Auswahl an möglichen Aspekten:*

* Herkunft der Neobiota
* Konkurrenz zwischen Neobiota und einheimischen Arten mit gleicher ökologischer Nische
* Zurückdrängen einheimischer Arten, wenn Neobiota eine höhere Fortpflanzungsrate haben, resistent gegen Parasiten oder Krankheitserreger sind, keine (effektiven) Fress­fein­de haben bzw. als Nahrung einheimische Arten nutzen, die dagegen keine effektiven Strategien besitzen
* Gefahr des Aussterbens von einheimischen Arten, die anderswo nicht vorkommen (en­de­mische Arten)

Bei 60 Prozent der in den letzten Jahrzehnten weltweit ausgestorbenen Arten bildeten vom Menschen eingeführte nichtheimische Arten eine Hauptursache für deren Aussterben.

*Auch hier lässt sich gut zeigen, wie ein lokaler menschlicher Eingriff (z. B. durch Aussetzen einer jagdbaren Tierart oder eines Fressfeindes an einem einzigen Ort) zu überregionalen Auswirkungen führen kann (durch massive Vermehrung und Ausbreitung der invasiven Art). Besonders gefährdet sind die vergleichsweise primitiven Beuteltiere in Australien und Neusee­land, weil sie in der Regel nicht mit den „High-Tech“-Entwicklungen der höheren Säugetiere mithalten können.*

vgl. Buchner, Seite 227, M3

Neueste Forschung (2024):

Forschungsteams an der Universität Wien und der La Sapienza Universität in Rom stellten 2024 fest, dass von den weltweit derzeit 230 nichtheimischen Säugetier-Arten, die in Gebiete einge­führt worden sind, in denen sie zuvor nicht vorkamen, 36 Arten in ihrer ursprünglichen Heimat vom Aussterben bedroht sind (die meisten davon durch Zerstörung des Regenwalds bzw. Überjagung). Das führt zu einem Naturschutz-Paradoxon: Sollen invasive Arten, die in ihrem Ursprungsgebiet bedroht sind, im neuen Verbreitungsgebiet bekämpft oder geschützt werden?

Beispiele:

* Der Bestand der Schopfmakaken ist in deren Heimat auf Sulawesi seit 1978 um 85 Pro­zent zurückgegangen, während sie sich auf anderen Inseln Indonesiens ausbreiten.
* Während sich das europäische Wildkaninchen in Australien stark vermehrt, ist es in Europa bedroht.

[Tedeschi et al.: Threatened mammals with alien populations: distribution, causes, and conservation. Conservation Letters (2024), DOI: 10.1111/conl.13069]

<https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/conl.13069>

**3.3 Zusammenwirken unterschiedlicher Disziplinen**

(ca. 2 Stunden)

|  |  |
| --- | --- |
| **Inhalte zu den Kompetenzen** | **Kompetenzerwartungen: Die Sch. …** |
| Zusammenwirken unterschiedlicher (natur)wissen­schaftlicher Disziplinen bei der Untersuchung globaler Veränderungen von Ökosystemen | ggf.: analysieren aus verschiedenen Perspektiven Dilemmata, die sich durch Interessenkonflikte aus der persönlichen Lebenswelt zwischen ökonomi­schen und ökologischen Erfordernissen ergeben und leiten durch eine individuelle Wertehierarchisierung Handlungs­optionen für eine nachhaltige Lebensweise auf persönlicher und gesellschaftlicher Ebene ab. |

*Weil im gA-Kurs die Abschnitte 3.1. und 3.2 entfallen, müssen die Teilüberschriften 3.3 und 3.4 entsprechend anders nummeriert werden. Vielleicht hängen Sie sie als 2.6 und 2.7 an den Lern­bereich 4.2 an.*

*Auch an dieser Stelle kann problemlos auf eine Unterrichtsstunde eingekürzt werden.*

*Am besten wird am Beispiel eines konkreten Falles globaler Veränderungen von Ökosystemen aufgezeigt, welche naturwissenschaftlichen Disziplinen an deren Untersuchung beteiligt sind, welche Arbeitsweisen sie einsetzen und zu welchen (vielleicht auch widersprüchlichen) Ergeb­nis­sen sie kommen. Wichtig erscheint mir hierbei nicht so sehr neues Detailwissen, sondern vielmehr die Erkenntnis, dass viele Disziplinen zusammen arbeiten müssen, um zu einem trag­fähigen Ergebnis zu gelangen. Bei einem in einer Prüfung vorgegebenen Fall sollen die Kurs­teil­nehmer zugehörige Disziplinen benennen und deren Beitrag umreißen können.*

Buchner, Seite 228, zeigt in M1 verschiedene Aufgabenbereiche sowie die zugehörigen Disziplinen, die von den Kursteilnehmern zugeordnet werden sollen.

**Beispiel: Klimawandel**

* Meteorologie: Auswertung von Satellitendaten zu Wolkenbildung, Bewuchs, Vereisung usw.; Auswertung von Messdaten aus stationären Einrichtungen zu bodennaher Luft­tem­peratur, Konzentration an Treibhausgasen, Windgeschwindigkeiten usw.
* Hydrologie: Messung von Temperaturen und Strömungen in den Ozeanen; Abflussver­halten von Bächen und Flüssen
* Glaziologie: Auswertung von Eisbohrkernen zu Lufttemperatur, Konzentration an Treib­­hausgasen in früheren Zeiten; Messung des Gletscherschwunds
* Botanik, Forstwissenschaften: Veränderungen am Baumbestand bzw. Schadbilder an Bäumen
* Zoologie: Veränderungen der Populationsgrößen bzw. der globalen Verbreitung be­stimm­ter Tierarten
* Informatik: Erstellen von Klimamodellen, mit denen unterschiedliche Szenarien durch­gespielt werden können

**Beispiel: Algenblüte**

Buchner, Seite 229, gibt in M2 Informationen zu chinesischen Untersuchungen großflächiger Algenblüten, die von den Kursteilnehmern ausgewertet werden können.

**Beispiel: Globales Waldsterben**

Buchner, Seite 229, gibt in M3 Informationen zum globalen Waldsterben, die von den Kursteilnehmern ausgewertet werden können.

**3.4 Ethische Bewertung**

(ca. 2 Stunden)

|  |  |
| --- | --- |
| **Inhalte zu den Kompetenzen** | **Kompetenzerwartungen: Die Sch. …** |
| ethische Bewertung verschiede­ner Handlungsoptio­nen durch eine Priorisierung von Werten | analysieren aus verschiedenen Perspektiven Dilemmata, die sich durch Interessenkonflikte aus der persönlichen Lebenswelt zwischen ökonomi­schen und ökologischen Erfordernissen ergeben und leiten durch eine individuelle Wertehierarchisierung Handlungsoptionen für eine nachhaltige Lebensweise auf persönlicher und gesellschaftlicher Ebene ab. |

*Auch an dieser Stelle kann problemlos auf eine Unterrichtsstunde eingekürzt werden.*

*Eigentlich beschreibt die Formulierung bei den Inhalten ein Unterrichtsprinzip, dass sich durch den gesamten Biologieunterricht ziehen sollte, vor allem in der Kursphase. Zum Abschluss der Schullaufbahn könnte am Ende aber noch ein Fall stehen, in dem noch einmal das Schema der ethischen Bewertung angewandt wird:*

* Beschreibung der Fakten
* Nennung der relevanten Werte (und Normen): verschiedene Handlungsoptionen
* Priorisierung (Gewichtung) der Werte (und Normen)

*Am besten wählen die Kursteilnehmer selbst so einen Fall aus oder sie befassen sich arbeitstei­lig in Gruppen mit mehreren selbst ausgewählten Fällen.*