

Mobiles Lernangebot **Bioökonomie vor Ort**

Nachhaltigkeit erkunden, erfahren, begreifen



Lehr- und Arbeitsmaterial

Arbeitsblätter der Tablet-Rallye

Informationen

Lösungshinweise

Glossar

Inhaltsverzeichnis

	Was ist das mobile Lernangebot „Bioökonomie vor Ort“?	3
	Was ist Bioökonomie?	5
	Modul 1: Wege zur Grünen Chemie - Naturfarben	6
	Arbeitsblatt 1: Farbenquiz	7
	Arbeitsblatt 2: Inhaltsstoffe zuordnen	8
	Modul 2: Wertstoffkreisläufe - Kunststoffe	9
	AB 3: Kunststoffarten zuordnen	10
	AB 4: Konsumententscheidungen treffen	12
	Modul 3: Nachhaltige Materialien - Holz	13
	Arbeitsblatt 5: Baumscheibenrätsel	14
	Arbeitsblatt 6: Holz-Quiz	17
	Modul 4: Innovative Verfahren - Mikroalgen	18
	AB 7: Fotobioreaktor beschriften	19
	AB 8: Nutzungspotenziale erkennen	22
	Modul 5: Ressourcenschonung - Torfersatzstoffe	23
	Arbeitsblatt 9: Wahr oder Falsch?	24
	Arbeitsblatt 10: CO ₂ Kalkulator	25
	Nachbereitung des Lernangebotes Bioökonomie	26
	Glossar	27
	Lösungshilfen	30
	Evaluation und Leistungskontrolle	31
	Bildnachweis	35
	Impressum	35

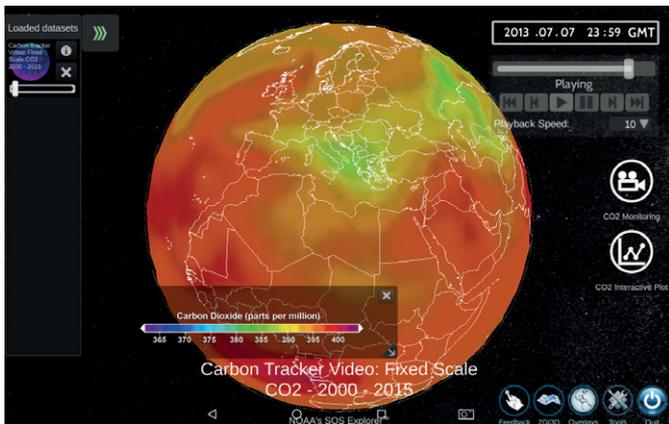
Was ist das mobile Lernangebot »Bioökonomie vor Ort«?

Das mobile Lernangebot »Bioökonomie vor Ort – Nachhaltigkeit erleben, erkunden, begreifen« ist eine auf selbstständiges Lernen ausgerichtete interaktive Lernerfahrung, die mit Geschichten, Objekten und Tabletsoftware einen Einblick in die Welt der Bioökonomie ermöglicht. Das Angebot richtet sich an Schüler*innen der 9. und 10. Klassen aller Schulformen. Es bietet Schulen in Niedersachsen, für die ein Ausflug ins Klimacenter Werlte und der Besuch der dortigen interaktiven Ausstellung zur Bioökonomie zu aufwändig ist, die Möglichkeit, nachhaltige Produkte und Beispiele der Kreislaufwirtschaft Beispielen am Schulstandort nachzuvollziehen.

Dieses Begleitheft gibt Informationen über den Ablauf und die Inhalte des Lernangebotes »Bioökonomie vor Ort« und dient Lehrer*innen zur Vor- und Nachbereitung eines Projekttagess mit den Mitarbeiter*innen des 3N Kompetenzzentrum e. V.

Wie funktioniert der Ablauf von »Bioökonomie vor Ort«?

Alle Materialien, die technische Ausstattung sowie die Exponate werden von den 3N Mitarbeiter*innen gestellt und betreut, die das Programm an der Schule durchführen. Es werden lediglich ein großer Raum oder mehrere kleinere Klassenräume sowie Tische und Stromanschlüsse benötigt.



Das Programm umfasst etwa drei Zeitstunden. Als Einstimmung auf das Thema werden globale Simulationen des Programms »Science on a Sphere« der Wetter- und Ozeanographiebehörde der USA gezeigt, die beispielsweise die CO₂-Ansammlung in der Atmosphäre sowie andere Phänomene des Klimawandels verdeutlichen.

Eine Audiodatei mit einer Botschaft aus der Zukunft bildet den Ausgangspunkt für die Rahmengeschichte. Dabei erzählt der Junge Noah als Einstieg ins Thema zu Beginn jeder Lernstation eine Anekdote aus seiner Gegenwart im Jahr 2100. Durch die Bearbeitung der fünf im Raum aufgebauten Lernstationen sollen die Schüler*innen hierbei motiviert werden, die vom Klimawandel geschädigte Zukunftswelt von Noah zu retten.

Das anschließende Stationenlernen erfolgt in fünf Kleingruppen, wobei die jeweiligen Aufgaben in einem vorgegebenen Zeitrahmen zu bearbeiten sind. Jede Gruppe erhält ein Tablet, das sie durch die Aufgaben der Lernstationen führt, den Bearbeitungsstand und die Lösungen bewertet und ihnen die nächste Station zuweist.

Über das Tablet erfolgt auch die Gesamtbewertung für alle fünf Stationen. Die Auswertung wird als fiktiver CO₂-Verbrauch angezeigt, den die Gruppen von 12 auf minimal 2 Tonnen senken können. 12 Tonnen entsprechen etwa dem jährlichen CO₂-Ausstoß eines in Deutschland lebenden Menschen.

Nach Abschluss aller Lernstationen erfolgt die Abschlussbotschaft der Rahmengeschichte. Diese bildet mit einer vergleichenden Auswertung der Gruppenergebnisse eine abschließende Zusammenfassung des Themas »Bioökonomie«, mit der das Programm endet.

Alle Programmschritte werden vom 3N Personal angeleitet und betreut und über ein Administratortablet kontrolliert. Über ein »Kontrolltablet« kann der Fortschritt der Gruppen durch die Lehrer*innen begleitet und ggf. Hilfestellung gegeben werden.

Nachbereitung des Lernangebots

Zur Nachbereitung des Lernangebots im Unterricht können darüber hinaus die methodischen Anregungen im entsprechenden Kapitel verwendet werden. Arbeitsblätter zur Selbsteinschätzung der Schüler*innen sowie ein Vorschlag für eine Leistungskontrolle sind im hinteren Teil des Heftes enthalten. Außerdem befinden sich in diesem Begleitheft die Arbeitsblätter, die während des Programms auf den Tablets bearbeitet wurden sowie deren Lösungen.

Wer ist 3N?

3N steht für Niedersachsen Netzwerk für nachwachsende Rohstoffe und Bioökonomie. Aufgeteilt in einen Verein und eine GmbH hat 3N das Ziel, die Entwicklung und Nutzung nachhaltiger Produkte zu fördern. Durch die stoffliche und energetische Anwendung erneuerbarer Rohstoffe und Biomassen leistet es einen Beitrag zum Klimaschutz und zum Aufbau einer biobasierten Wirtschaft. 3N vernetzt verschiedene Akteure aus der Region und über die Grenzen Niedersachsens hinaus miteinander. Auch im Bereich Wissenstransfer etabliert sich 3N als überregionaler Anbieter.

Das Projekt wurde gefördert durch das Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Niedersachsen und wurde zwischen August 2019 und Dezember 2020 umgesetzt.



Niedersächsisches Ministerium
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz



Globale Herausforderungen

Klimawandel – was hat das mit meinem Leben und unserer Natur zu tun, wie können wir mit dem Klimaschutz auch unsere Ressourcen auf der Erde schonen und wie kann jeder einzelne Mensch seinen Beitrag dazu leisten?

Die Auswirkungen des Klimawandels sind vielfältig und erstrecken sich auf die verschiedensten Bereiche unseres Lebens. Bei der Gestaltung ihrer Lebenswirklichkeit stehen die Schüler*innen vor wirtschaftlichen, sozialen, politischen, ökologischen und ökonomischen Aufgaben, die sie für ihre jeweilige Lebenssituation lösen müssen. Die zentralen Leitfragen dieser Nachhaltigkeitsthemen finden deshalb schon seit einigen Jahren Eingang in die Kerncurricula der verschiedensten Fächer wie Biologie, Chemie, Physik, Informatik, Deutsch, Werte & Normen, Philosophie, Wirtschaft, Politik und Technik und unterstützen die Schüler*innen zusätzlich bei der Berufsorientierung.

Für die Umsetzung in unterrichtliche Praxis ist von der KMK ein Orientierungsrahmen¹ für den Lernbereich Globale Entwicklung herausgegeben worden, der es den Schüler*innen ermöglichen soll, diese diversen Anforderungen zu meistern. Globale Entwicklung orientiert sich dabei in ihren Kernkompetenzen an den Anforderungen, die auf jede*n Einzelne*n, aber auch auf gesellschaft-

liche Institutionen zukommen. Damit geht es um eine verstärkte Wahrnehmung der globalen Dimension aller Entwicklungen und der Frage nach der Zukunftsfähigkeit. Somit gilt Nachhaltigkeitsdenken als eine der Schlüsselqualifikationen auch in vielen wirtschaftlichen Bereichen. Denn die Wende zu mehr Klimaschutz und Ressourcenschonung kann nur über die Mitwirkung von Unternehmen, deren Kund*innen für die Stärkung der Umweltsensibilisierung eintreten, erfolgreich umgesetzt werden.

Verantwortung in der Welt und für die Welt: Sustainable Development Goals (SDGs)

Nach dem Ablauf der Millenniums-Entwicklungsziele (MDG) 2015 haben sich die Vereinten Nationen mit den Sustainable Development Goals (SDGs) auf einen Weltzukunftsvertrag geeinigt. Die Ziele des Programms sollen bis zum Jahr 2030 verwirklicht werden. In dieser »Agenda 2030« sind die neuen Ziele der SDGs ambitionierter als die bisherigen Millenniums-Ziele. Sie vereinen Umweltziele, soziale und wirtschaftliche Ziele und gelten nun für alle Länder. Viele Ziele, wie z. B. die Bekämpfung des Hungers, sollen bis 2030 erreicht werden. Alle SDGs wurden durch Unterziele ergänzt, die Maßnahmen zur Umsetzung beschreiben. Viele der 17 SDGs sind direkt und indirekt mit der Bioökonomie verbunden, die in vielen Lebensbereichen nachhaltige Verfahren einsetzt und alternative Lösungen erforscht, um die Lebensbedingungen der Menschen zu verbessern ohne die Umwelt noch weiter zu belasten.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



¹Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung. KMK und BMZ (Hrsg.) 2016

Was ist Bioökonomie?

»Bioökonomie ist die wissensbasierte Erzeugung und Nutzung biologischer Ressourcen zur Herstellung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen in allen wirtschaftlichen Sektoren im Rahmen eines zukunftsfähigen und nachhaltigen Wirtschaftssystems.«

(Deutscher Bioökonomierat mit Änderungen)

Diese offizielle Definition klingt etwas abstrakt, enthält aber in ihr die wichtigsten Leitaspekte der Bioökonomie. Hier werden sie genauer aufgeschlüsselt:

- **Wissensbasierte Erzeugung:** Die Rolle der Naturwissenschaften wird hier betont. Wissenschaftliche Erkenntnisse, nicht wirtschaftliche Faktoren wie Ersparnis oder Gewinnspanne bilden zu allererst die Grundlage für die Herstellung von Produkten.
Beispiel: Die Nutzung von Sonnenenergie ist derzeit nicht unbedingt günstiger für Unternehmen, gibt ihnen aber eine wissenschaftlich erwiesene, Emissionen einsparende, nicht auf Erdöl basierende Energiequelle zur Herstellung ihrer Produkte.
- **Nutzung biologischer Ressourcen:** Energie (z. B. Strom und Wärme), aber auch die Materialien, aus denen Produkte entstehen oder die zur Herstellung solcher genutzt werden, müssen soweit möglich nachwachsend und erneuerbar sein, also Teil der sich erneuernden Ressourcen der Erde. Das schließt zum Beispiel fossile Rohstoffe wie Erdgas, Erdöl und Kohle als Energiequellen aus, das Heizen mit Holz aber mit ein, weil Erdöl in Millionen von Jahren entsteht und Holz hingegen ein schnellwachsender Rohstoff ist, der nachhaltig bewirtschaftet werden kann.
- **Produkte, Verfahren und Dienstleistungen:** Nicht nur der Konsum von Waren ist hier gemeint, sondern auch die Art wie sie designt werden, wie ihre Materialien bereitgestellt werden, welche Verfahren zu ihrer Herstellung und auch der Bereitstellung der aufgewandten Energie nötig sind und dass diese sich an nachhaltige Standards halten müssen. Auch die Nachnutzung wird hier mit einbezogen, z. B. ob die Materialien nach dem Lebensende des Gegenstandes wieder verwendet werden können.
- **In allen wirtschaftlichen Sektoren:** Das bedeutet, es reicht nicht, nur den Energiesektor der Wirtschaft umzubauen, um eine nachhaltige Wirtschaft zu haben. Auch z. B. die Warenproduktion, das Transportwesen, die Landwirtschaft und die Art und Weise, wie wir Menschen Materialien und Produkte herstellen und verbrauchen, müssen ebenfalls nachhaltig werden.



- **Zukunftsfähiges und nachhaltiges Wirtschaftssystem:** Der Fokus auf Zukunftsfähigkeit und Nachhaltigkeit meint hier die Umstrukturierung der Wirtschaft weg von fossilen Rohstoffen und hin zu einer nicht mehr nur auf Wachstum ausgelegten Kreislaufwirtschaft auf Basis erneuerbarer Energien. Zukunftsfähig bedeutet aber auch, dass es in dieser biobasierten Wirtschaft genug Arbeitsplätze und Wachstumsmöglichkeiten für Unternehmen geben muss.

Bioökonomie ist also ein komplexes Konzept, das in alle Lebensbereiche eingreift und nicht einfach nur bedeutet, weniger Erdöl zu verbrauchen. Vielmehr geht es darum, die gesamte Art und Weise umzugestalten, wie Rohstoffe, Bodenschätze, Chemikalien, Energiegewinnung und -verbrauch und die Biomasse des Landes und der Meere von uns Menschen genutzt werden. Ziel ist dabei, dass wir einen guten Lebensstandard für alle erreichen können, ohne dabei die Erde für zukünftige Generationen und andere Lebewesen zu schädigen. Die Bioökonomie setzt voraus, dass der Klimawandel verlangsamt werden kann, wenn wissenschaftliche Innovation und wirtschaftlicher Umbau sich am Prinzip der Nachhaltigkeit orientieren.



Modul 1: Wege zur Grünen Chemie – Naturfarben

Nicht nur unsere Energieversorgung ist heute noch in hohem Maße von fossilen Rohstoffen abhängig, sondern auch die chemische Industrie, die einen großen Teil der Ausgangsmaterialien für unsere Produkte des täglichen Bedarfs herstellt. Etwa 90 % der sogenannten **Grundchemikalien** stammen aus den aufgespaltenen Bestandteilen von Erdöl und Erdgas, man spricht daher oft von der Petrochemie². Am bekanntesten ist dieser Fakt noch im Bereich der Kunststoffe und Fasern, doch auch zum Beispiel Arzneimittel, Waschmittel und Farben sind häufig erdölbasiert. Eine auf nachwachsenden Rohstoffen basierende **Grüne Chemie** müsste also andere Quellen für ihre Ausgangsmaterialien finden. Entwicklungen in diesem Bereich gibt es bereits.

Die energetisch oder stofflich nutzbare Biomasse aller Lebewesen enthält Grundbausteine wie Stärke, Öle, Proteine oder Zellulose, aus denen sich **Plattformchemikalien** herstellen lassen, die in vielen Bereichen die klassischen Grundchemikalien ersetzen könnten. Ein Umbau der Chemie wird jedoch sehr aufwendig, da die meisten Anlagen nicht in der Lage sind, andere Ausgangsmaterialien als Erdöl oder Erdgas zu verarbeiten. Dafür müsste man **Bioraffinerien** bauen, in denen Biomasse wie Lebensmittelabfälle oder Pflanzenreste aufbereitet werden können. Da aber von den Grundchemikalien viele Wertschöpfungsketten mit komplexen Verarbeitungsschritten ausgehen, wird sich die Abhängigkeit vom Erdöl nicht so schnell beheben lassen.

Da aber jede Veränderung mit kleinen Schritten beginnt, können einzelne Bereiche nach und nach umgestellt werden. Hier hilft es oft, sich auf die Vergangenheit zu besinnen. Viele Produkte des täglichen Bedarfs gab es in vereinfachter Form bereits lange vor dem industriellen Zeitalter und den Entdeckungen der Chemie. Ein gutes Beispiel für eine Branche mit sehr biobasierten historischen Wurzeln ist die Farbenindustrie.

Farbe hat die Menschen seit der Steinzeit fasziniert und bis ins 19. Jahrhundert waren natürlich vorkommende Farbstoffe in Pflanzen, Tieren und Mineralien

die einzige Möglichkeit, einen Gegenstand einzufärben. Auch die Bindemittel für die farbgebenden Bestandteile, also zum Beispiel Öle oder Harze, wurden aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen. Ab dem 19. Jahrhundert wurden zuerst die Teerfarben als Nebenprodukte der Kohleindustrie entdeckt und später die heute viel verwendeten Azofarben auf Erdölbasis. Nach und nach verloren die natürlichen Farbgrundstoffe ihre Bedeutung. Auch die Bindemittel werden heute mehrheitlich künstlich hergestellt.

Einzelne Betriebe jedoch besinnen sich wieder auf traditionelle Rezepturen auf Basis natürlicher Rohstoffe. Diese werden für einen industriellen Maßstab modernisiert und sind in der Herstellung meist deutlich umweltfreundlicher. Eine besondere Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Wiederentdeckung von Leinöl als Bindemittel in Anstrichmitteln. Gerade bei Lacken und Lasuren für Holz entwickelt sich ein großes Marktsegment im Bereich der sogenannten **Naturfarben**.

Lernziele in diesem Modul:

Die Schülerinnen und Schüler...

- **beschreiben die historische Entwicklung von Färbemitteln anhand eines Quiz.**
- **beschreiben die Inhaltsstoffe verschiedener Anstrichmittel.**
- **Vergleichen die Inhaltsstoffe konventioneller und Naturfarben.**
- **bewerten die Inhaltsstoffe verschiedener Produkte kritisch.**



² Pietzsch (Hg.): Bioökonomie für Einsteiger, 2017, S. 2.

Arbeitsblatt 1: Farbenquiz



Testet euer Wissen über Farbmittel aus der Natur. Die Ausstellungsmaterialien helfen euch dabei. Es können auch mehrere Antworten richtig sein.



1. Welche der unten genannten Pflanzen liefern traditionell Farbstoffe für das Färben von Textilien?

- Krapp
- Waid/Wau
- Reseda
- Zwiebel
- Walnuss



2. Welcher Farbstoff färbt die klassische Jeanshose?

- Safran
- Indigo
- Henna
- Purpur



3. Aus welchem Edelstein gewann man im Mittelalter das blaue Farbpigment, das Malereien in Kirchen und Büchern schmückte?

- Rubin
- Jade
- Lapislazuli
- Türkis



4. Woher bekamen die ersten Steinzeitmenschen ihre Farbpigmente für noch heute sichtbaren Wandmalereien in rot, gelb, braun und schwarz?

- Aus farbigen Erden
- Aus dem Baumarkt
- Aus Holzkohle und Kreide
- Aus Blütenfarbstoffen



5. Auch Tiere können Farbstoffe abgeben. Welches Tier sorgt bis heute für leuchtendes Rot im Lippenstift und rote Farbe in Lebensmitteln?

- Purpurschnecke
- Feuerwanze
- Cochenille-Schildlaus
- Tintenfisch



6. Auf welcher Basis werden heutige synthetische Dispersionsfarben (Anstrichfarben z.B. für Holz oder Wände) zu meist hergestellt?

- Kunstharz (z. B. Acrylharz auf Basis von Mineralöl)
- Pflanzenöl
- Wasser
- Sand



7. Wie hieß der erste künstlich hergestellte Farbstoff, der die sogenannte Teerfarbenproduktion auslöste?

- Bismarckbraun
- Malachitgrün
- Mauvein
- Fuchsin



8. Worauf sollte man beim Kauf einer Farbe oder eines Lackes der Umwelt zuliebe achten?

- Möglichst eine Farbe ohne Lösemittel und Weichmacher auswählen
- Einen besonders stark deckenden Lack verwenden, damit der Untergrund keinen Kontakt mehr zur Luft bekommt
- Eimer mit Farbresten gründlich mit Leitungswasser ausspülen und dann in der Gelben Tonne entsorgen
- Eine Farbe auswählen, deren Eigenschaften zum Maluntergrund gut passen



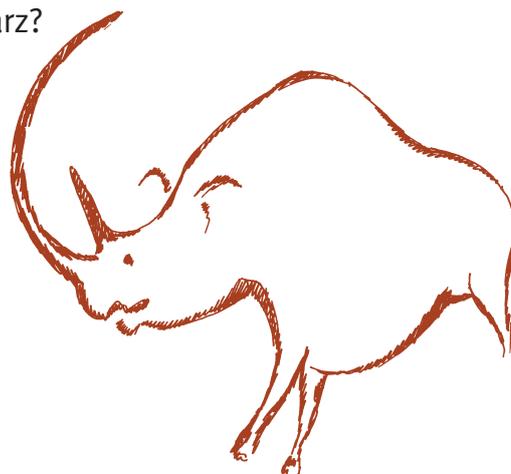
9. Was ist der älteste noch rezepturgleich verwendete Farbanstrich für Häuser?

- Alpinaweiß
- Schwedenrot
- Indischgelb
- Backsteinrot



10. Worauf muss bei Kinderspielzeug aus Holz bezüglich der Farben geachtet werden?

- Die Farbe sollte unbedingt Glitzer enthalten, Kinder lieben Glitzer
- Die Farbe sollte DIN EN 71 erfüllen
- Die Farbe muss das Blaue Engel Logo tragen
- Die Farbe muss gut sichtbar sein, damit das Spielzeug nicht verloren geht



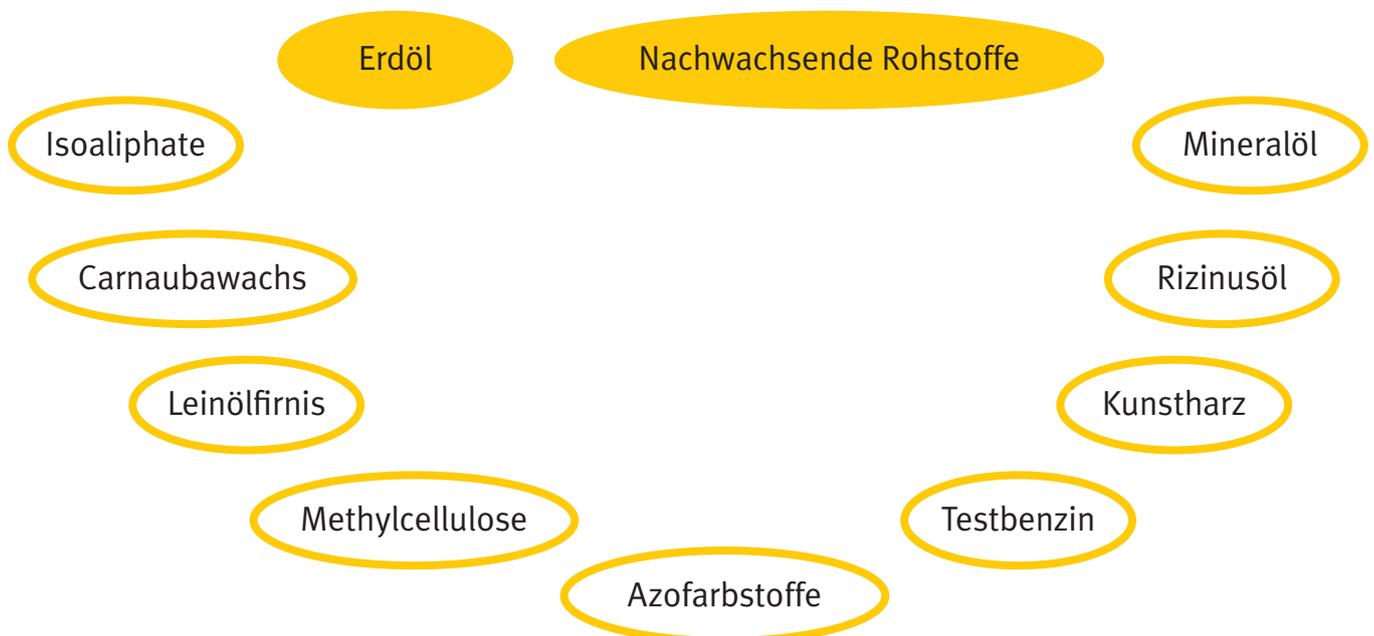
Arbeitsblatt 2: Inhaltsstoffe zuordnen



Was unterscheidet Naturfarben von konventionellen Farben?

Nicht nur die Pigmente machen ein Anstrichmittel zur Naturfarbe, sondern erst die Zusammensetzung aller Inhaltsstoffe. Im Bereich der konventionellen Farben werden diese zum großen Teil aus Grundchemikalien hergestellt, die wiederum aus Erdöl abgeleitet sind.

Schaut euch die Informationen in den Materialien an und sortiert anschließend folgende Inhaltsstoffe danach, ob sie auf Erdölbasis oder auf Basis nachwachsender Rohstoffe hergestellt werden. Schaut gegebenenfalls auch auf die Inhaltsangaben der Beispielprodukte.



Arbeitsblatt 3: Kunststoffarten zuordnen

Plastik ≠ Plastik

Kunststoffe kommen in tausend Farben und Formen vor und werden trotzdem von uns umgangssprachlich alle in einen Topf geworfen – den ‚Plastik‘-Topf. Wie stark sich die einzelnen Arten voneinander unterscheiden und welche neuen nachhaltigen Kunststoffe (Biopolymere) es bereits gibt, könnt ihr in diesem Sortierspiel nachvollziehen.



Ordnet die Zahlen der folgenden Bezeichnungen und Objekte den beschreibenden Infotexten zu.

Polyhydroxybuttersäure (PHB) **1**

Thermoplastisches Lignin/ ‚flüssiges Holz‘ **2**

Polylactic Acid (PLA) **3**

Polystyrol (PS) **4**

Zellglas/Cellulosehydrat **5**

Polyethylenterephthalat (PET) **6**

Thermoplastische Stärke (TPS) **7**

Polyvinylchlorid (PVC) **8**

Polyethylen (PE) **9**

Polypropylen (PP) **10**

Ich bin ein Allrounder!

Mich gibt es in hart und weich, dabei werden mir Weichmacher zugesetzt, die gesundheitlich bedenklich sein können. Deswegen darf ich nicht für Lebensmittelverpackung oder Kinderspielzeug eingesetzt werden. Ich bin unempfindlich gegenüber Sonnenlicht und Wasser und werde daher für langlebige Produkte eingesetzt. Im Alltag kennst du mich gut. Du bekommst von mir was auf die Ohren!



Ich bin der zweithäufigste Kunststoff

und werde in sehr vielen Lebens- und Arbeitsbereichen eingesetzt. Ich bin sehr resistent gegen Säuren und viele Chemikalien und bis über 100 °C hitzebeständig, daher eigne ich mich für den Kontakt mit Lebensmitteln. Als stabiles Hartplastik werde ich häufig als Gehäuse oder Verkleidung benutzt.

Mich gibt es schon seit über hundert Jahren!

Wusstest du, dass die ersten entwickelten Kunststoffe aus Zellulose bestanden, einem der Hauptbestandteile aller Pflanzen? Zellulose ist ein natürlich vorkommendes Polymer (diese chemische Struktur bildet die Grundlage aller Kunststoffe). Ich bin kompostierbar, kann aber auch im Altpapier entsorgt werden, deshalb werde ich oft zusammen mit Papierprodukten verwendet.

Ich werde durch

Bakterien hergestellt, man sagt auch Fermentation oder Biosynthese dazu. Wegen meiner ähnlichen Materialeigenschaften werde ich als Bioersatz für Polypropylen (PP) gehandelt und komme in ähnlichen Produkten zum Einsatz. Leider ist es noch sehr aufwändig und relativ teuer, mich herzustellen, daher werde ich nicht viel verwendet. Da ich aber biologisch abbaubar und lebensmittelecht bin, kann ich gut in hygienisch sensiblen Bereichen der Verpackungsindustrie verwendet werden.



7

Ich bin der häufigste Kunststoff der Welt. Ich werde aus Erdöl oder Erdgas gewonnen, aber man kann mich auch aus nachwachsenden Rohstoffen wie Zuckerrohr herstellen. Für Gebrauchsgegenstände werde ich oft in dünne Folien gezogen, denn ich bleibe dabei sehr reißfest und belastbar. Meine lange Lebensdauer sorgt für Probleme: In der Natur können mich Organismen nicht zersetzen, sondern ich werde nur in kleine Teilchen zerrieben. Als häufigen Gebrauchsgegenstand benutzen mich viele Menschen nur einmal, um Sachen zu tragen und entsorgen mich dann. Deshalb werde ich inzwischen auch in immer mehr Ländern verboten.



5

Auch ich werde aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und biologisch abbaubar. Ich bin ein sogenannter Faser-verbundwerkstoff, weil ich aus verschiedenen Komponenten bestehe. Mein Hauptbestandteil wird aus Lignin hergestellt, einem natürlichen Biopolymer, das für die Stabilität der Zellen im Holz verantwortlich ist. Das Lignin wird mit Pflanzenfasern von Flachs oder Hanf vermengt und kann in dieser Form im Spritzguss und anderen herkömmlichen Verarbeitungsformen von Kunststoffen angewendet werden. Du kannst mich gut daran erkennen, dass ich gesprenkelt bin!



10

Kalt bleibt kalt und warm bleibt warm, wenn ich zum Einsatz komme. Ich bin aufschäumbar und dadurch sehr leicht. Weil ich oft Häuser einkleide, muss ich dafür mit Brandschutzmitteln behandelt werden, die umweltschädlich sind. Man sollte mich nicht erhitzen, da beim Heißmachen schädliche Stoffe austreten können. Wenn ich nicht mehr gebraucht werde, wird der größte Teil von mir verbrannt, nur zu einem Drittel werde ich recycelt.



3



8

Glasklar und bruchfest wie ich bin, benutzen mich Millionen Menschen täglich. Wer mich richtig entsorgt, bekommt Geld dafür, deshalb habe ich unter den Kunststoffen die höchste Recyclingrate.

Stärke ist meine Stärke!
 Als biologisch abbaubarer Kunststoff auf Stärkebasis (z.B. aus Mais oder Kartoffelschalen) kann ich in Bereichen eingesetzt werden, wo andere Kunststoffe es schwer haben, weil sie haltbar sind. Ich aber bin eine essbare Verpackung! Medikamente und Nahrungsergänzungsmittel werden von mir umhüllt, da ich mich im Verdauungstrakt auflöse und meine wertvolle Fracht an der richtigen Stelle freigebe.

Ich bin bio! Biobasiert und biologisch abbaubar. Als bekanntester Vertreter einer neuen Generation von Kunststoffen findet man mich oft im Catering. Mich kann man aus nachwachsenden Rohstoffen herstellen (aus Zucker) und sogar in industriellen Anlagen kompostieren. Allerdings bin ich nicht universal einsetzbar, da ich bereits bei etwa 60 °C schmelze. Kompostiert werde ich derzeit leider eher selten, weil die Kompostierung noch nicht auf solche Materialien wie mich ausgelegt ist. In der Natur zerfalle ich sehr viel langsamer als unter optimalen Bedingungen, komm also bloß nicht auf die Idee, mich in die Landschaft zu werfen!

Arbeitsblatt 4: Konsumentscheidungen treffen

Die folgenden Objekte können nachhaltige Alternativen für einen kunststoffreduzierten Konsum darstellen.



In den nachfolgenden Szenarien könnt ihr die Objekte dem richtigen Nutzungszweck zuordnen. Tragt dazu die Objekt-nummer in die dafür vorgesehene Fläche ein.

Es können auch mehrere Objekte sein. Die Infotexte in der Ausstellung können euch bei der Entscheidung helfen.

1. Du isst auswärts im Restaurant oder Takeaway. Was nimmst du mit? Wähle das richtige Objekt aus.

Nr:

2. Du brauchst Schuhe. Worauf achtest du?

Nr:

3. Freunde treffen im Hochsommer bei blendender Sonne. Was hast du dabei?

Nr:

4. Schon wieder gewachsen. Welche Materialien lässt du bei der Klamottensuche links liegen? Wähle das Produkt, dass du definitiv nicht kaufen würdest.

Nr:

5. Geht Zocken eigentlich auch plastikfrei? Welche Werkzeuge wählst du für deinen virtuellen Arbeits- und Spielplatz?

Nr:

Sonnenbrille aus Holz

6



7

Bambus Tastatur und Maus



Shirt aus Baumwolle

2



Shirt aus Polyester

1



Shirt aus Polyester



4

Wasserflasche nachhaltig



3

Biobasierter Schuh

Shirt aus Cellulose

8



5

Nachhaltiges Mitnehmbesteck aus Bioplastik

Modul 3: Nachhaltige Materialien – Holz

Holz ist weltweit der wichtigste **nachwachsende Rohstoff**. Vor den fossilen Energieträgern war Holz das wichtigste Heizmittel und der wichtigste Baustoff. Das führte schon früh zu Übernutzung und großflächiger Entwaldung z. B. in Europa. Anfang des 18. Jahrhunderts formulierte als erster Hans Carl von Carlowitz das Prinzip der **Nachhaltigkeit**, also die Erhaltung der Ressourcen trotz ihrer Nutzung.

Weltweit nimmt die Waldfläche trotz großer Aufforstungsprogramme in einzelnen Ländern (z.B. China und Russland) seit Jahrzehnten ab.³ In Deutschland liegt der Anteil der Wälder an der gesamten Landfläche seit Jahren recht stabil bei etwa 32 %.⁴

Für die Bioökonomie ist der Wald und das darin wachsende Holz von großer Bedeutung. Dass Pflanzen Fotosyn-

these betreiben und dabei Sauerstoff produzieren, ist allgemein bekannt. Bei diesem Prozess wird Kohlenstoff aus dem CO₂ in der Atmosphäre dauerhaft im Holz gespeichert. Bei der natürlichen Zersetzung etwa von Totholz oder beim Verbrennen wird es wieder freigesetzt und geht zurück in den **CO₂-Kreislauf**, da nachgewachsene Bäume das CO₂ zur Fotosynthese verwenden können. Aus diesem Grund ist Holz als Brennstoff nachhaltig, da anders als beim Verbrennen fossiler Brennstoffe kein zusätzliches CO₂ in die Atmosphäre gelangt.

Wie mit allen anderen Materialien ist jedoch das Verbrennen, also die energetische Nutzung von Holz, aus bioökonomischer Sicht die am wenigsten effiziente Nutzungsform.

Die stoffliche Nutzung, das heißt, möglichst viel vom geernteten Holz zu verwenden, ist vorrangig. Die Herstellung von Gegenständen, Möbeln oder ganzen Häusern aus Holz hat auch den Vorteil, dass der Kohlenstoff darin weiter gespeichert bleibt und der steigenden CO₂-Konzentration in der Luft daher für viele Jahrzehnte entzogen wird. Das kann in der Menge viel ausmachen: Man schätzt zum Beispiel, dass alle mit Holz gebauten Gebäude in der Schweiz fast genau so viel Kohlenstoff speichern, wie innerhalb eines Jahres im Land freigesetzt wird.⁵

Aber auch die chemischen Bestandteile von Holz sind wichtige Rohstoffe für viele Industriezweige. Am bekanntesten ist wahrscheinlich die **Cellulose**, die als Grundlage für die Papierherstellung dient und auch in anderen Bereichen wie bei Textilien an Bedeutung gewinnt. Daneben gibt es noch **Hemicellulosen**, die auch für die Papierherstellung wichtig sind, aber auch in **Bioraffinerien** eingesetzt werden können. Immer wichtiger wird der zweite Hauptbestandteil von Holz, das sogenannte **Lignin**. Obwohl es immer noch größtenteils verbrannt wird, eignet es sich auch für die Herstellung biobasierter Kunststoffe und Bindemittel.

Für einen nachhaltigen Umgang mit einer nachwachsenden Ressource wie Holz ist es sehr wichtig, dass alle Komponenten möglichst effizient verwertet werden können und wenig Abfall entsteht. Im biologischen Vergleich ist Holz ein schnellwachsender Rohstoff, für uns Menschen jedoch wirkt das Wachstum eines Baums im Vergleich zur eigenen Lebensspanne oft sehr langsam.

³ https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS?end=2016&name_desc=false&start=1990&type=shaded&view=chart&year_high_desc=true

Lernziele des Moduls:

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben Erfindungen und Entdeckungen, die den Alltag der Menschen revolutioniert haben.
- begründen die durch diese Erfindungen und Entdeckungen verursachte Beschleunigung des Klimawandels (Erdöl, Kunststoff, Kraftwerk, Smog).
- diskutieren den Prozess der politischen Entwicklung des Klimaschutzes (Erste Weltklimakonferenz, Kyoto-Protokoll, Pariser Abkommen).
- errechnen die Wachstumsgeschwindigkeit von Holz.
- beschreiben die Eigenschaft des Holzes als CO₂-Speicher mithilfe eines Festmeters im Rahmen einer Berechnung zur Flugkompensation.
- erörtern multiple Einsatzzwecke von Holz als nachhaltigem Material.



⁴ <https://www.bundeswaldinventur.de/dritte-bundeswaldinventur-2012/waldland-deutschland-waldflaeche-konstant/>

⁵ https://www.lignum.ch/weitere_themen_teaser/faq_haeufigste_fragen_zu_holz/

Arbeitsblatt 5: Baumscheibenrätsel

Der Querschnitt einer Eiche zeigt euch, wie schnell die Zeit vergehen kann und wie viel sich in einem kurzen Abschnitt menschlicher Geschichte verändert.



Sortiert die Ereignisfelder zu den richtigen Jahreszahlen. Drei Texte auf den nachfolgenden Seiten helfen euch dabei.



1855

1859

Erste Weltklimakonferenz in Genf

Klimaschutz wird zu einem Thema der Weltpolitik

1882

Thomas Alva Edison erfindet die Glühbirne und errichtet ein Stromnetz

Das erste Kohlekraftwerk wird in NY eröffnet um das Netz mit Energie zu versorgen

Leo Hendrik Baekeland, USA, meldet sein Druck-Hitze-Patent zum Herstellen von Kunststoffen wie Bakelit an

Erster in Massen produzierter Kunststoff auf Erdölbasis

1900

Edwin L. Drake stößt auf eine Erdölquelle in Titusville, Pennsylvania (USA)

Beginn der kommerziellen Erdölförderung im großen Stil

1907

1908

Der Energieträger Erdöl ist zum wichtigsten Rohstoff der Kunststoffindustrie geworden

Der Chemiker Charles David Keeling beginnt eine noch andauernde Messreihe über die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre

Keeling-Kurve beweist, dass die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre kontinuierlich ansteigt

1952

Fünf Tage lang liegt Smog über der Stadt London und Tausende Menschen sterben an der verschmutzten Luft

Erkenntnis setzt sich durch, dass Emissionen das Wetter beeinflussen

1958

1960

Pariser Klimaschutzabkommen

Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C beschlossen

1979

Kyoto Protokoll auf dem UN-Klimagipfel beschlossen, 2005 in Kraft getreten

Erste rechtlich bindende Klimaziele für die teilnehmenden Staaten beschlossen

1997

2000

Der Chemiker Svante Arrhenius berechnet als Erster eine Erwärmung der Erde durch den Treibhauseffekt

Erste wissenschaftliche Betrachtung eines menschengemachten *Klimawandels*

2015

2018



Erdölnutzung und Fossile Brennstoffe

Von Energie bis Einweg

Erdöl und Kohle wurden bereits seit der Antike von Menschen verwendet. Steinkohle wird seit mehreren Tausend Jahren gefördert. Das erste Kohlekraftwerk für ein Stromnetz wurde 1882 im Auftrag von Thomas Edison errichtet. Edison wollte dadurch den Gebrauch der von ihm erfundenen Glühbirne populär machen. Ebenfalls in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts fällt die Ausbeutung von Erdöl. 1859 stieß Edwin L. Drake nach gezielten Probebohrungen in Titusville, Pennsylvania, USA auf eine Erdölquelle und löste einen kommerziellen Erdölrausch aus. In den folgenden Jahren erkannte man, dass das Aufspalten der chemischen Bestandteile von Erdöl (sogenanntes Cracken) eine Vielzahl von Verwendungen dieser Stoffe ermöglichte. Dazu gehörten natürlich Licht und Wärme, bald auch Benzin zum Antrieb von Verkehrsmitteln und auch chemische Ausgangsstoffe zur Herstellung von Kunststoffen. Die ersten Kunststoffe nahmen noch natürliche Rohstoffe wie Zellulose (für Zelluloid) oder Kautschuk (für Gummi) als Basis, aber bereits 1907 wurde mit Bakelit der erste hitzeformbare Kunststoff auf Erdölbasis geschaffen. Anfänglich waren Kunststoffe vor allem günstigere Ersatzprodukte für Luxusartikel und wurden pfleglich behandelt und lange benutzt. Der Zweite Weltkrieg und der Wirtschaftsaufschwung in den Fünfzigern steigerten die Kunststoffproduktion rapide. 1960 war Erdöl zum wichtigsten Rohstoff der Kunststoffindustrie geworden. Werbungen etablierten das Bild vom Wegwerfartikel aus Plastik.

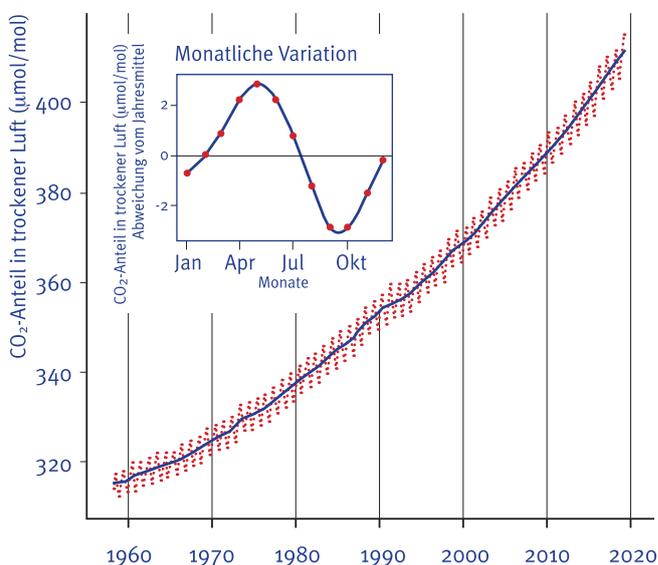


Forschungsgeschichte des Klimawandels

Von Klima bis Keeling

Im Zuge der Aufklärung ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts haben sich die Wissenschaften ausdifferenziert und Theorien über die Welt aufgebaut. Dazu gehörte auch die Erforschung der Erdzeitalter. Erste Theorien über die Entstehung von Eiszeiten und natürliche Klimaschwankungen gab es bereits in der 1800er Jahren; sie wurden aber nicht allgemein akzeptiert. Charles Fourier beschrieb als erster den natürlichen Treibhauseffekt, also das Verbleiben der Sonnenwärme in der Atmosphäre durch Wolkendampf und Treibhausgase wie CO_2 , der die Temperatur der Erde auf einen Bereich anhebt, in dem Leben möglich ist. Svante Arrhenius griff den Gedanken auf, dass die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre schwankt und dadurch Warm- und Kaltzeiten auslöst. Er berechnete ein Klimamodell und machte sich ab 1908 als Erster Gedanken zum Einfluss der menschlichen CO_2 -Emissionen auf das Klima. Die ungenauen Berechnungen stießen anfangs auf Ablehnung, auch wenn sie im Laufe der nächsten 50 Jahre verbessert und ausgeweitet wurden. Die messbaren Beweise für eine Erwärmung durch ansteigende CO_2 -Konzentration gab es erst ab 1958. Der Chemiker Charles Keeling wurde vom Scripps Institut für Ozeanographie beauftragt, die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre zu messen. Er platzierte Messstationen an verschiedenen Orten der Welt und konnte bereits nach wenigen Jahren durchgehender Messungen nachweisen, dass die Konzentration über die jahreszeitenbedingten Schwankungen hinaus kontinuierlich ansteigt.

Monatliche durchschnittliche CO_2 -Konzentration
Mauna Loa 1958-2019



Politische und gesellschaftliche Auseinandersetzung mit dem Klimawandel

Von London bis Paris



Ab den 1960er Jahren konnten sich die Klimaforscher zunehmend Gehör bei den politischen Entscheidungsträgern verschaffen. Bereits Jahrzehnte vorher waren schon Ereignisse eingetreten, die eindeutig belegten, dass die von Menschen produzierten Schadstoffe Einfluss auf die Umwelt hatten. Im Dezember 1952 gab es beispielsweise in London eine tagelang anhaltende kalte und windstille Wetterlage, die dazu führte, dass die aus den Zehntausenden Kohleheizungen und Fabrikschloten aufsteigenden Abgase nicht verwirbelten, sondern sich in einer Dunstglocke über London zusammenballten. Der große Londoner Smog war zum Teil so dicht, dass man seine eigenen Füße nicht mehr erkennen konnte.

In der Luft enthaltene Schadstoffe wie Schwefeldioxid sorgten besonders bei Kindern und alten Menschen für Atemwegs-Erkrankungen und kosteten mehrere Tausend Menschen das Leben.

Der Clean Air Act von 1956 sollte einer Wiederholung dieser Ereignisse vorbeugen. Am Wetterphänomen des Smog lässt sich eindeutig erkennen, dass Wetter und Klima nicht das Gleiche sind, also nicht jeder starke Sturm oder jede Überschwemmung auf den Klimawandel zurückzuführen sind. Dennoch können aber bestimmte Wetterphänomene durch die Häufigkeit ihres Auftretens derart schlimme Auswirkungen nur annehmen, weil der Mensch seinen Teil dazu beiträgt.

Die erste Weltklimakonferenz fand 1979 statt und wurde von der Weltorganisation für Meteorologie, einer Unterorganisation der UN, einberufen. Im Laufe weiterer Konferenzen, an denen politische Vertreter einen immer größeren Anteil ausmachten, setzte sich allmählich die Anerkennung der Klimawandelproblematik durch und ab den 1990ern gab es erste Versuche, gesetzliche Regulierungen zu vereinbaren. Eine Klimarahmenkonvention wurde von 155 Staaten unterzeichnet, formulierte allerdings keine rechtlich bindenden Forderungen. Der Durchbruch kam hier beim Kyoto Protokoll 1997, das erstmals rechtlich verbindliche Ziele für Emissionsmengen der Industrieländer festlegte, in dem sich beispielsweise Deutschland verpflichtete, bis 2012 seine Emissionen um 21 % zu senken. Das Protokoll wurde nicht von allen Industriestaaten ratifiziert und konnte erst 2005 in Kraft treten.

Ein verbindliches Folgeprotokoll scheiterte an der Verweigerung mehrerer großer Industrieländer. 2015 schließlich wurde mit dem Pariser Klimaschutzabkommen erneut eine verbindliche Grundlage zur Begrenzung der CO₂-Emissionen geschaffen, indem sich die unterzeichnenden Staaten auf eine Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C festlegten. Wie dieses Ziel erreicht werden soll, überlässt das Abkommen allerdings den einzelnen Ländern.



Tägliches Wachstum von Holz



Etwa ein Drittel der Landfläche Deutschlands ist von Wald bedeckt. Da Deutschlands Wälder einer nachhaltigen Forstwirtschaft unterstehen, darf pro Jahr auch nicht mehr Holz geerntet werden, als im gleichen Zeitraum nachwachsen kann. Im Jahr 2018 waren es 64 Millionen Kubikmeter Holzernnte, auch wenn der Gesamtzuwachs deutlich höher war. Es müssen aber natürlich auch Schäden durch Krankheiten oder Unwetter einkalkuliert werden. Damit ihr euch die Wachstumsgeschwindigkeit der Wälder besser vorstellen könnt, beantwortet dazu bitte die folgende Frage.

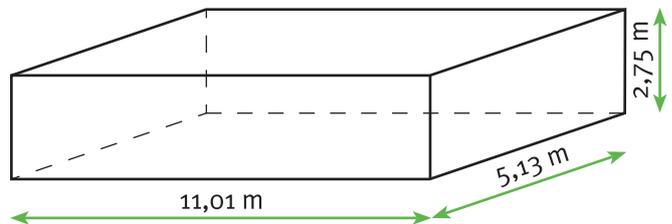
 1. Wie viel m^3 Holz wachsen an einem Tag in allen deutschen Wäldern?

Hinweis: Infos zur Wachstumsgeschwindigkeit findet Ihr in den mitgebrachten Materialien oder durch Internetrecherche.

- 26.360 m^3
- 302.400 m^3
- 400.300 m^3
- Über eine Million m^3

Ein Raum voller Holz

Natürlich kann man sich die Wachstumsmenge von Holz kaum vorstellen. Um es euch leichter zu machen, könnt ihr nachfolgend die durchschnittliche Wachstumsgeschwindigkeit auf einen konkreten Raum anwenden.



 2. Wie lange müssen alle deutschen Wälder wachsen, bis der Beispielraum mit Holz gefüllt ist?

Maße des Beispielraums:

Länge 11,01 m, Breite 5,13 m, Höhe, 2,75 m

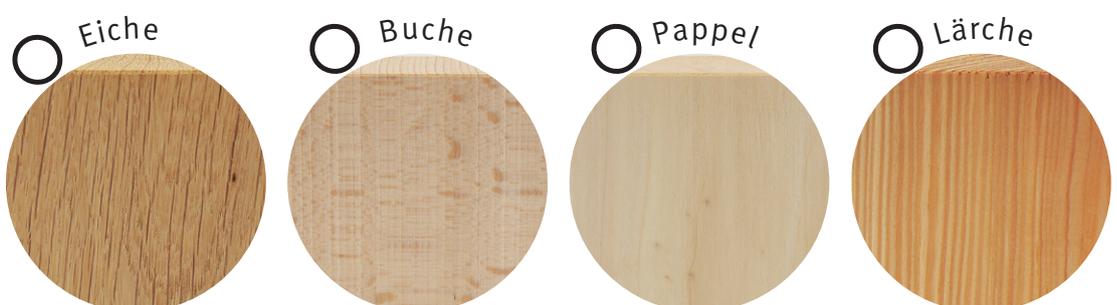
- 44 Sekunden
- 2 Minuten 35 Sekunden
- 15 Minuten
- 2 Stunden

Holzarten

Zum Leben und Wachsen benötigt jeder Baum CO_2 , Sonnenlicht und Wasser und einige Spurenelemente, die er aus dem Boden zieht. Deshalb wirken wachsende Wälder als CO_2 -Senke, da hier der Kohlenstoff aus der Atmosphäre dauerhaft festgelegt wird.

Natürlich wachsen verschiedene Baumarten nicht gleich. Ihr Holz unterscheidet sich z.B. in der Dichte. Deutlich zu erkennen sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Holzarten am Beispiel des Gewichts.

 3. Sortiert die folgenden Holzarten von leicht nach schwer.



Baustoff Holz

Egal, wofür es verwendet wird: Holz ist ein nachhaltiger und langlebiger Baustoff, der seine Funktion als CO₂-Speicher auch nach dem Fällen des Baumes erhält. Die Verwendung von Holz wirkt sich also schon allein durch das Material positiv auf die ökologische Bilanz eines Hauses aus.

Für holzverarbeitende Betriebe ist es enorm wichtig, die unterschiedlichen Eigenschaften der Hölzer zu kennen, weil diese die Verwendbarkeit beeinflussen. Ein Holz, das leicht verrottet, ist als Zaunpfahl ungeeignet. Klingt logisch, oder? Versucht es mal selbst.



4. Für welche Zwecke kann Holz als Baustoff verwendet werden? Verbindet die jeweilige Holzsorte mit dem optimalen Einsatzzweck! Die Eigenschaften helfen euch bei der Zuordnung.

Möbel und
Innenausbau

Fichte
(leicht, weich, fest,
elastisch, einfach zu
verarbeiten)

Bootsbau

Buche
(schwer, abriebfest, gut
zu bearbeiten, biegsam)

Dachstuhl

Eiche
(witterungsbeständig,
hart, tragfähig,
schädlingsresistent)

Fachwerk-
konstruktionen

Lärche
(witterungsbeständig,
feuchtigkeitsbeständig)



CO₂-Ausstoß kompensieren

Themenwechsel: Im Jahr 2014 flog jeder Mensch durchschnittlich 860 km. Bei 7,2 Mrd. Menschen sind das 6,192 Billionen km, Tendenz steigend. Rein rechnerisch kann man aber die Emissionen eines Fluges kompensieren, indem ein Betrag in Aufforstung und umweltfreundliche Projekte gespendet wird. Allerdings schrumpfte allein der Tropenwald im Jahr 2018 um die Flächengröße Englands. Ausgleichen kann der Wald unsere Emissionen also trotz seines gigantischen Wachstums nicht, weil wir ihn global zu stark reduzieren. Probiert es an diesem Beispiel trotzdem einmal aus!



5. Berechnet, wie viele Kubikmeter Holz wachsen müssen, um den CO₂-Ausstoß einer Flugreise nach Mallorca zu kompensieren, indem der Kohlenstoff wieder in der Biomasse des Holzes gebunden wird.

Info: Eine Flugreise von Hannover nach Palma de Mallorca und zurück ergibt für eine Person anteilig am Gesamtausstoß ca. 564 kg CO₂.⁶

Informiert euch, wie viel CO₂ in einem Kubikmeter Holz durchschnittlich gespeichert wird.

- Ein halber Festmeter neu gewachsenes Holz reicht aus, um den Flug zu kompensieren
- Sechs Festmeter müssen nachwachsen, um den Flug zu kompensieren
- 2,5 Festmeter kompensieren die Emissionen

⁶ (Laut atmosfair.de im August 2020)

Modul 4: Innovative Verfahren – Mikroalgen

Grüne Invasion

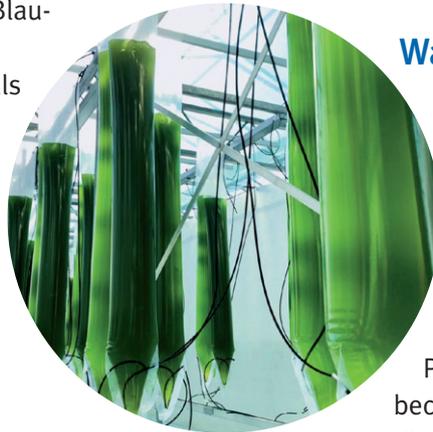
Als Mikroalgen bezeichnet man ein- bis mehrzellige mikroskopisch kleine Organismen mit Zellkern, die Photosynthese betreiben. Sie bilden keine einheitliche biologische Gruppe, sondern sind ein Sammelbegriff für vorwiegend in Wasser vorkommende pflanzliche Kleinstlebewesen.

Auch die Cyanobakterien (früher sogen. Blaualgen) zählt man häufig dazu, obwohl sie keine Pflanzen sind. Mikroalgen bilden als Phytoplankton die Grundlage der Nahrungsketten der im Wasser lebenden Lebewesen und fixieren zusammen mit den Landpflanzen einen großen Teil des in der Atmosphäre enthaltenen CO₂. Die zunehmende Erwärmung des Klimas und die steigenden Gehalte an Nährstoffen aus diffusen Quellen führen zu einer Zunahme des Algenwachstums.

Kleine Rohstofffabriken

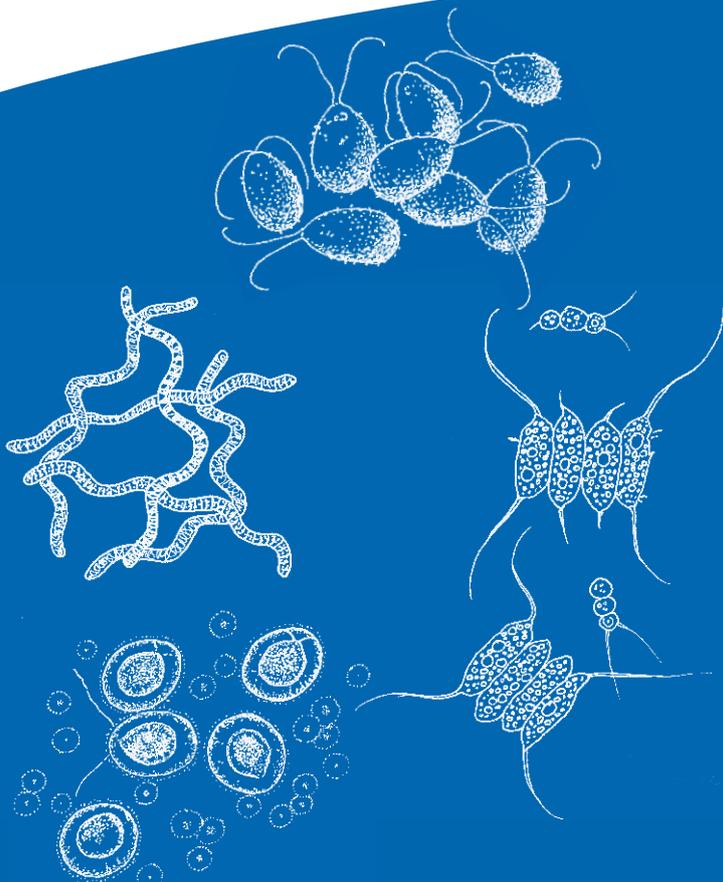
Für die Bioökonomie sind Mikroalgen ein spannendes Forschungsfeld mit großem Potenzial. Bislang ist erst ein Bruchteil der existierenden Algenarten biologisch erfasst. Nur wenige werden erforscht und wirtschaftlich genutzt. Mikroalgen sind reich an wertvollen Inhaltsstoffen:

Sie enthalten viele Proteine und mehrfach ungesättigte Fettsäuren, aber auch Öle, Pigmente und Vitamine in hoher Konzentration. Das macht sie für verschiedene Wirtschaftszweige zu einem begehrten Rohstoff. Bereits heute werden Mikroalgen in der Pharmazie, der Kosmetik, in der Bioenergiebranche und besonders in der Lebens- und Futtermittelindustrie genutzt.



Wachstumsrausch

Gerade zur Ernährung und als Lieferant von Biomasse sind sie besonders geeignet, da sich Mikroalgen extrem schnell vermehren und wesentlich mehr Ertrag pro Fläche ermöglichen als typische Ackerbaupflanzen. Die Kultivierung ist einfach: Entweder im geschlossenen Photobioreaktor oder im offenen Wasserbecken. Die Organismen benötigen dabei vor allem Licht, Wasser, CO₂ und Nährstoffe. Um sich gegenseitig nicht das Licht zu verdecken, müssen sie umgewälzt werden. Ist die gewünschte Konzentration an Algen erreicht, werden sie herausgefiltert, getrocknet und können anschließend weiterverarbeitet werden, z. B. als Pulver zur Nahrungsergänzung.



Lernziele in diesem Modul:

Die Schülerinnen und Schüler...

- benennen die biochemischen Eigenschaften von Mikroalgen.
- beschreiben die Züchtungsgrundlagen von Algen.
- beschreiben Voraussetzungen für ein optimales Algenwachstum.
- erklären die Funktionsweise eines Photobioreaktors.
- nennen die Anwendungsgebiete der Mikroalgenutzung in verschiedenen Produktbereichen.



Illustration: Margit Camille

Arbeitsblatt 7: Fotobioreaktor beschriften

Genügsame Wachstumsriesen

Mikroalgenzucht ist in Deutschland noch nicht sehr weit verbreitet, birgt aber großes Potenzial für die Zukunft. Für Landwirte hat dieser neue Geschäftszweig den Vorteil, dass keine Ackerflächen belegt werden, weil die Mikroalgen in Gewächshäusern und Wasserbecken angezchtet und vermehrt werden. Sie erreichen Ernteerträge von 100 t Trockenmasse pro Hektar und Jahr, das ist mehr als 10 mal so viel wie der Ertrag von einem Hektar Weizenfeld (2019 7,4 t Weizen, statista)! Außerdem sind sie sehr genügsam – eine Alge braucht nicht viel, um sich zu vermehren.



Aufgabe 1:

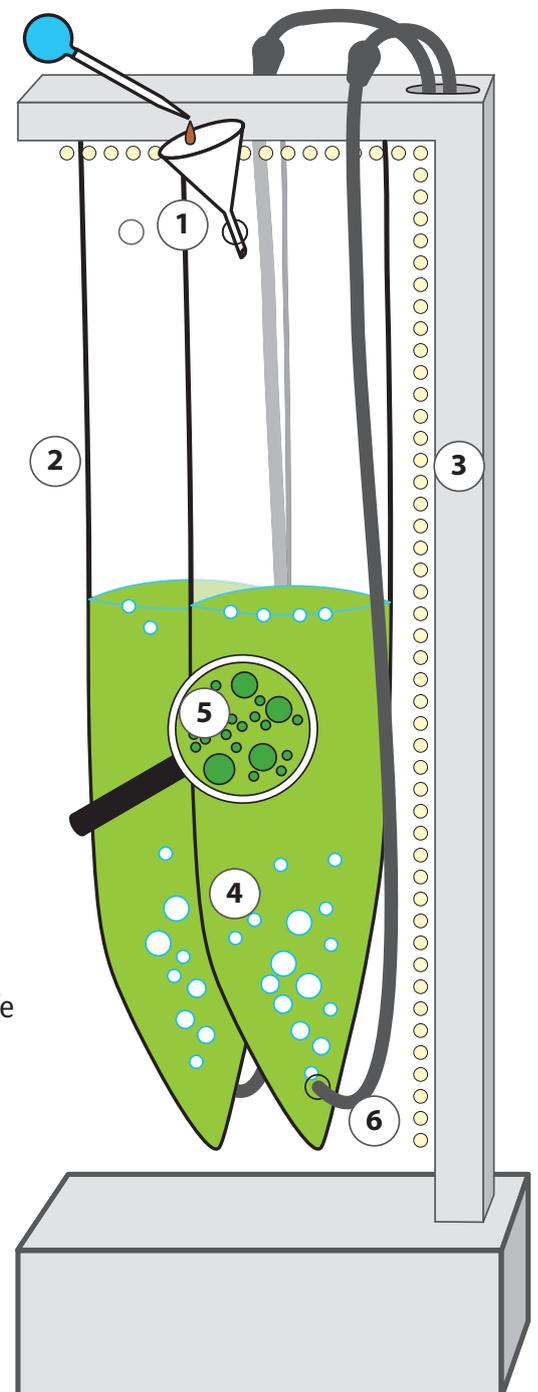
Informiert euch mithilfe des Textes über die Mikroalgenzucht. Beschriftet nun die einzelnen Bestandteile des Schemas vom Fotobioreaktor mit den zur Auswahl stehenden Textbausteinen.

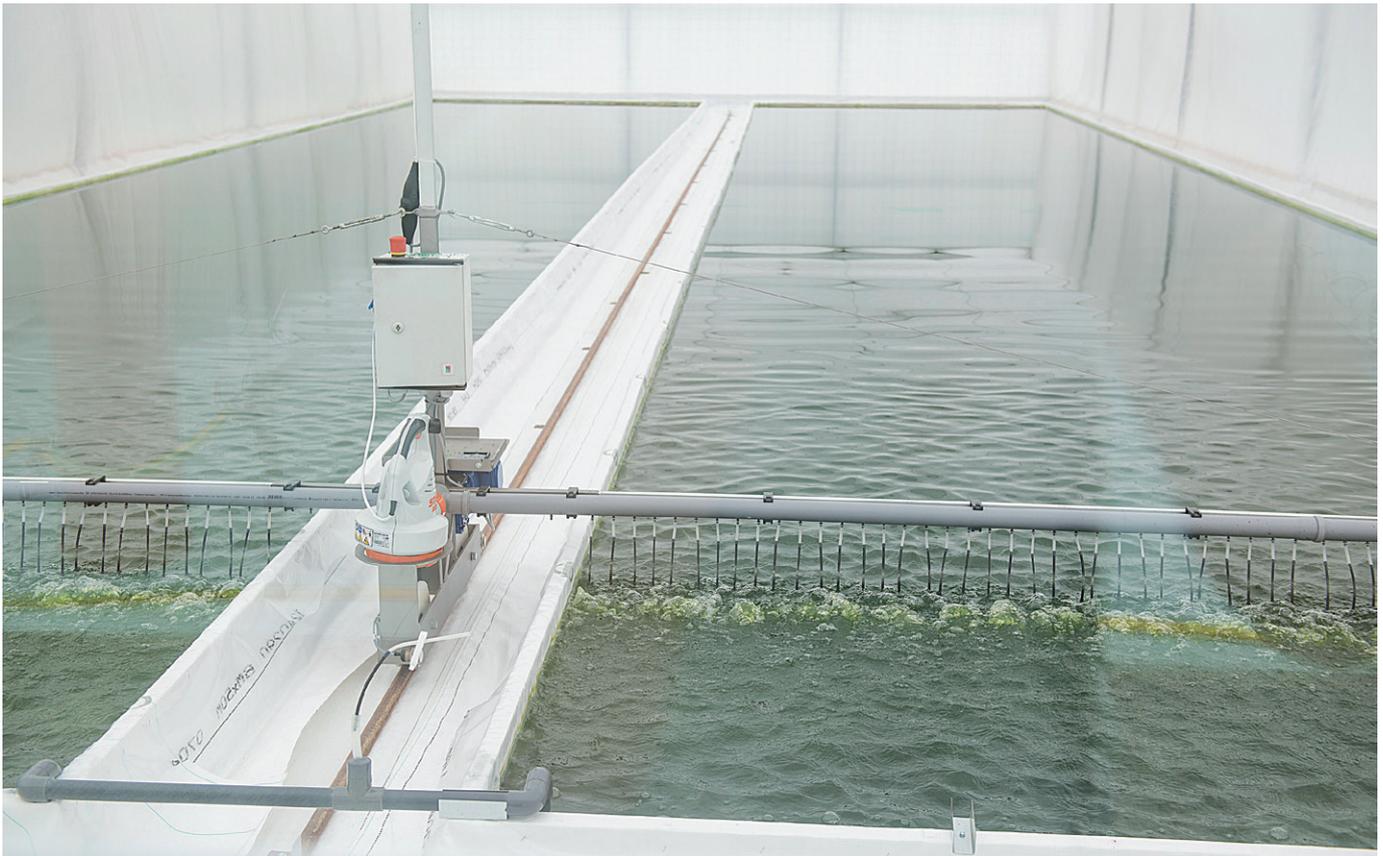
Sortiert anschließend, welche Aufgaben die jeweiligen Teile zur Versorgung der Mikroalgen übernehmen.

Aufgaben der jeweiligen Teile:

- Luftzirkulation
- Zugabe von Nährlösung
- Lichtdurchlässigkeit zur Fotosynthese
- Verdunstungsschutz
- Anregung zur Fotosynthese
- Wärmequelle
- Tag-/Nacht-Zyklus
- Lebensraum der Algenkultur
- Temperaturregulierung, gelöstes CO₂, pH-Wert, Nährstoffe
- O₂-Produktion
- Biomasse-Produktion
- Wertvolle Inhaltsstoffe
- Umwälzung der Algen-Biomasse
- CO₂-Zufuhr

- Belüftungsschlauch mit Pumpe
- Entlüftungslotch mit Trichter
- Folienbehälter
- Algenkultur *Chlorella vulgaris*
- Wasser
- Beleuchtung





Aufgabe 2: Grüne Invasion

Wie ihr seht, braucht es nicht viel, um eine Algenkultur zu starten. Unter guten Bedingungen vermehren sich die Mikroalgen mithilfe von Zellteilung unglaublich schnell, so dass sie bald aus der Anzucht in den Fotobioreaktoren zur Vermehrung in offene Becken gebracht werden. Wie schnell eine solche Vermehrung geht, könnt ihr hier in einem Rechenbeispiel selbst nachvollziehen.

Unter optimalen Bedingungen teilt sich die Grünalge *Chlorella vulgaris* einmal am Tag in acht neue Zellen. Nach wie vielen Tagen erreicht eine Starterkultur von 2000 Zellen die Millionengrenze? Tragt die Anzahl der Tage in das untenstehende Feld ein.

Antwort:



Wodurch wird das exponentielle Wachstum der Algen gebremst, wenn die Versorgung mit Wasser, CO_2 und Nährlösung optimal bleiben?



Platzmangel



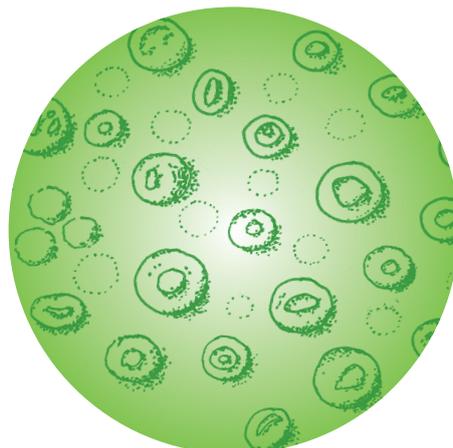
Lichtmangel



Sauerstoffüberproduktion



Nährstoffmangel



Arbeitsblatt 8: Nutzungspotenziale erkennen

Algensalat!

Es gibt schätzungsweise 100 000 Arten von Mikroalgen. Nur wenige von Ihnen sind bislang wissenschaftlich erfasst und noch weniger sind Gegenstand bioökonomischer Forschung. Dennoch bergen sie großes Potenzial für viele unserer Wirtschafts- und Lebensbereiche.

Im Sortierspiel bei den Materialien könnt ihr mehr über das Nutzungspotenzial von sechs Mikroalgenarten erfahren.



Sortiert die richtigen Rätselsätze zur dazu passenden Algenart und dem entsprechenden Objekt, indem ihr sie mit Linien verbindet.

Mein Öl bringt dich über die Wolken.

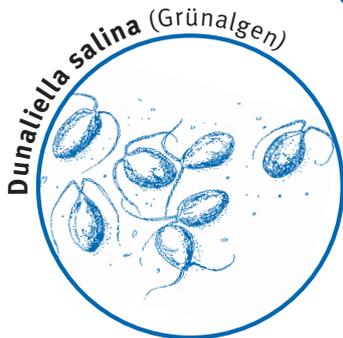
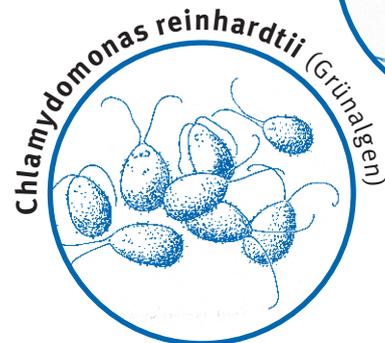
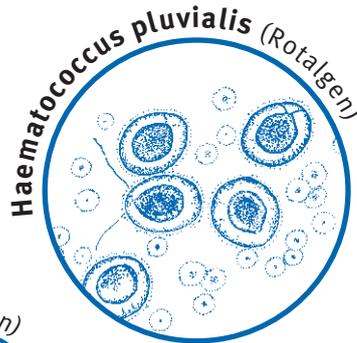
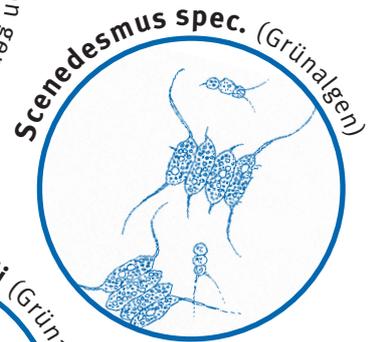
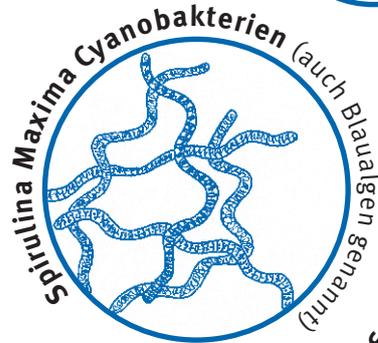
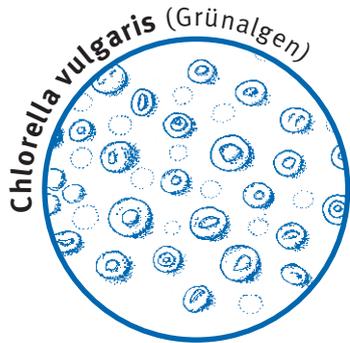
Gar nicht vulgär!
Ich bin deine vegetarische Vitaminfabrik!

Nur ein roter Lachs ist ein guter Lachs!

Wenn Reinhardt mich in die Mangel nimmt, pupse ich Wasserstoff!

Wenn ich Stress habe, mache ich einfach Blau.

Ich blute, damit du nie wieder Sonnenbrand bekommst!



Modul 5: Ressourcenschonung – Torfersatzstoffe

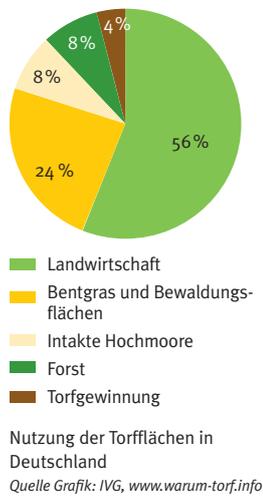
Weg(e) von Torf

Moore haben eine wichtige ökologische Funktion und sind ein klimarelevanter Kohlenstoffspeicher, dessen Einfluss auf das Weltklima nicht zu vernachlässigen ist. Zur Torfgewinnung werden auch heute noch weltweit Torfböden ehemaliger Moorflächen abgebaut, wodurch das gespeicherte CO₂ wieder freigesetzt wird. Eine besondere Herausforderung der Bioökonomie ist es daher, für die wirtschaftlichen und produktionstechnischen Anforderungen des Gartenbaus umweltverträgliche Alternativlösungen zum Torf zu finden und zu etablieren.

Wo kommt Torf her?

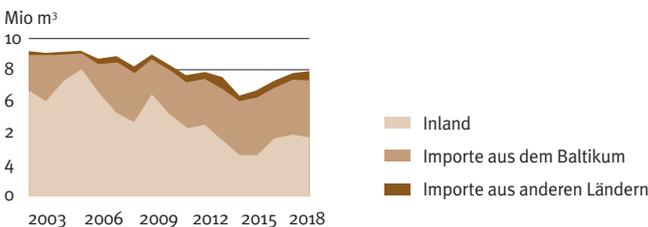
Schwarztorf:

Die Torfabbaumenge in Deutschland sinkt seit Jahren. Pro Jahr werden auf trockengelegten Torflagerstätten 4-8 Mio m³ geerntet. In Niedersachsen liegen mit etwa 201.000 ha etwa drei Viertel der deutschen Hochmoore und der Schwerpunkt der deutschen Torfwirtschaft. Im Verhältnis zur Gesamtfläche ist der Torfabbau in Deutschland jedoch gering.



Weißtorf:

Ein Teil des in Deutschland verarbeiteten Torfs wird aus dem Baltikum importiert. Besonders der in deutschen Vorkommen knappe Weißtorf ist eine begehrte Ressource. Er bildet die lockere obere Schicht eines Torfbodens und besteht aus weniger stark zersetzten Pflanzenteilen als der kompaktere und ältere Schwarztorf.



Herkunft des in Deutschland verarbeiteten Torfes nach Jahren
Quelle Grafik: IVG, Statistisches Bundesamt via www.torffrei.info

Torf im Erwerbsgartenbau – Daten, Zahlen, Fakten

- rund 9 Mio m³/Jahr Torf werden in der EU für Kultursubstrate eingesetzt
- der Torfanteil bei Substraten liegt bei 92 %, der von Blumenerden liegt bei 77 %
- 1 Mio m³ sind heute schon alternative Ausgangsstoffe, Tendenz steigend
- 59 % der Substrate werden im Erwerbsgartenbau eingesetzt, 41 % sind Blumenerden

Wo und wie wird Torf verwendet?

Torf ist im gewerblichen Gartenbau bislang noch nicht wegzudenken. Über die Hälfte der verwendeten Kultursubstrate wird für die Anzucht von Gemüsepflanzen genutzt (2,3 Mio m³). Auch für die Anzucht von Blumen- und Zierpflanzen (jährlich 1,7 Mio m³), für Baumschulen (410.000 m³), für den Pilzanbau (20.000 m³) und für den Obstanbau (2.000 m³) werden torfhaltige Kultursubstrate eingesetzt. Der Rohstoff wird dabei möglichst effizient verwendet.

Auch in Blumenerden für den Verbraucher finden sich nach wie vor hohe Torfanteile. Hier werden aber bereits häufig Torfersatzstoffe beigemischt und die Tendenz geht zu torffreien Erden.



Lernziele in diesem Modul:

Die Schülerinnen und Schüler...

- nennen Eigenschaften von Torf und Torfwachstum.
- bewerten das Moor als schützenswerten Lebensraum.
- begründen die Bedeutung der CO₂-Speicherefunktion des Torfs für den Klimaschutz.
- erläutern Möglichkeiten zur Verringerung der CO₂-Belastung eines Kultursubstrats.
- entwickeln Strategien für einen modernen Gartenbau.

Arbeitsblatt 9: Wahr oder Falsch?

Vom Moor zum Torf

Wichtiger Rohstoff, erhaltenswertes Biotop, Klimaregulator – beim Hochmoortorf kommen viele Interessen zusammen, die nicht einfach im Gleichgewicht zu halten sind.



Informiert euch in den Materialien über Torf und seine Verwendung und schätzt anschließend ein, ob die folgenden Aussagen wahr oder falsch sind. Die Infotexte vor jeder Aussage helfen euch dabei.



1 Aufgrund der wassergesättigten und damit sauerstoffarmen Bedingungen werden die abgestorbenen Pflanzenteile der Torfmoose nur sehr langsam abgebaut. Dadurch sammelt sich Biomasse an und das Hochmoor wächst nach oben. Den sich dabei bildenden Boden nennt man Torf. Um ein viele Meter starkes Hochmoor wachsen zu lassen, braucht es mehrere Tausend Jahre.

10 cm Torf entstehen in 100 Jahren.

Wahr

Falsch



2 Torfmoose sind sehr aufnahmefähig und behalten diese Eigenschaft auch im abgestorbenen Zustand bei. Moore saugen Regenwasser auf wie ein Schwamm und erfüllen dadurch zwei Funktionen, die für den Menschen nützlich sind: Einerseits fungieren sie als Hochwasser-Puffer und filtern andererseits Giftstoffe aus dem Regenwasser, bevor es in die Grundwasserschichten gelangen kann.

Torfmoose können das 20-fache ihres Eigengewichts an Wasser aufnehmen.

Wahr

Falsch



3 Wälder unterliegen einem Kreislauf aus Wachsen und Vergehen und sind für den aktiven Kohlenstoff- und Sauerstoffkreislauf der Erde immens wichtig. Moorböden sind gewissermaßen eine Zeitkapsel: Sie konservieren den vor Jahrtausenden aufgenommenen Kohlenstoff – zumindest, solange sie vernässt sind. Bei Trockenlegung, z. B. zum Ackerbau, können die konservierten Pflanzenteile an der Luft zersetzt werden und geben den Kohlenstoff wieder frei.

Die weltweiten Moore machen 3 % der Landmasse aus, die Wälder 31 %.

Moore binden 3x so viel CO₂ wie Wälder.

Wahr

Falsch



4 95 % der deutschen Moore sind in der Vergangenheit durch Eingriffe des Menschen beschädigt worden. Bis in die 70er Jahre wurden große Landstriche entwässert, um sie für die Landwirtschaft nutzbar zu machen. Daher sind die meisten heutigen Torfabbaugebiete in Niedersachsen auf landwirtschaftlichen Flächen, unter denen sich Torflagerstätten ehemaliger Moore befinden.

Der Torfabbau zerstört in Deutschland intakte Moore in Naturschutzgebieten.

Wahr

Falsch

Arbeitsblatt 10: CO₂ Kalkulator



5 Hobbygärtner können schon heute auf Torf verzichten und z. B. mit Kompost arbeiten. Kultursubstrate (= Spezialerden für den Gartenbau) werden derzeit meist noch mit Torfanteil für den professionellen Anbau angemischt, auch wenn an Ersatzmischungen intensiv geforscht wird. Kein anderer Stoff kann so gut Wasser speichern wie Torf. Zudem ist Torf nährstoffarm und hat einen sauren pH-Wert, gewissermaßen ein neutraler Grundstoff, der mit Kalk und Dünger perfekt auf die Bedürfnisse der darin gezüchteten Pflanzen angepasst werden kann.

Torf in der Pflanzenerde für private Konsumenten lässt sich schon heute durch Ersatzstoffe wie z. B. Kokos und Holzfasern weitgehend ersetzen.

Wahr
Falsch



6 Die Bedeutung intakter Moore für den Klimaschutz und die Artenvielfalt ist inzwischen bekannt. Nach Beendigung des Torfabbaus dürfen die Flächen zwar weiterhin landwirtschaftlich genutzt werden. Immer häufiger werden Flächen aber wieder vernässt, d. h. zum Beispiel Entwässerungssysteme zurückgebaut und Regenwasser eingeleitet. Einige Firmen siedeln auch gezielt Torfmoose und andere hochmoortypische Pflanzenarten an, um wieder einen dichten Bewuchs und die Bildung neuen Torfes anzuregen.

Nach dem Abtorfen einer Fläche wird diese bebaut.

Wahr
Falsch

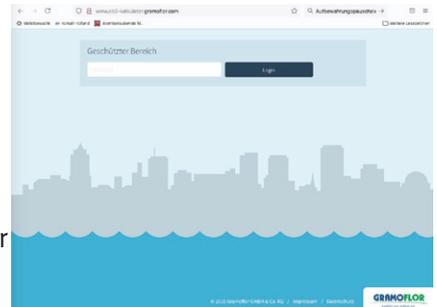
Für diese Aufgabe wird Zugang zum CO₂-Kalkulator auf der folgenden Webseite benötigt:

<http://www.co2-kalkulator.gramoflor.com/>

Kennwort: umweltschutz2016



Ihr seid nun Inhaber eines fiktiven Gartenbaubetriebes in Oldenburg. Ihr benötigt von einem Kultursubstrat etwa 50 m³/Jahr für eure Pflanzenzucht (das reicht für ca. 60.000 Tomatenpflanzen im Jahr) und sucht nach einem regionalen Anbieter, um die Transportwege kurz zu halten. Bislang ist euer Kultursubstrat so aufgebaut: viel Torf und etwas Kompost.



Sucht aus den Unterlagen den Torfanteil des durchschnittlichen Kultursubstrates heraus und übertragt ihn in das Formular im CO₂-Kalkulator. Die Restmenge füllt ihr mit Kompost auf. Nun könnt ihr anhand der Berechnung im Kalkulator sehen, wie hoch die gesamte CO₂-Belastung eures Kultursubstrates ist.

Tragt die Zahl in das erste Feld auf der Seite ein, sie bildet den ersten Teil des Codes zur Lösung der Aufgabe. Die Belastung liegt im roten Bereich der Umweltampel. Um diese zu reduzieren, könnt ihr im zweiten Schritt die Werte verbessern, indem ihr den Torfgehalt durch die Verwendung von Ersatzstoffen wie Kokos und Holzfasern verringert.

Ziel: Ihr wollt mindestens eine Halbierung der CO₂-Belastung/m³ erreichen.

Bedenkt aber, dass ein vollständiger Verzicht auf Torf den Ansprüchen eurer Pflanzen nicht gerecht wird. Testet hierzu, ab wann der Wasserspiegel eurer Klimawandelampel nicht mehr tiefer sinkt.

Beachtet auch, dass Kompost nicht in unbegrenzter Menge beigemischt werden sollte, weil dann das Substrat zu kompakt und der Nährstoffgehalt zu hoch wird. Die Grenzwerte findet ihr in den Materialien.



Wenn ihr mit euren Werten zufrieden seid, tragt sie in den zweiten Teil des Codes ein.

Gebt außerdem als dritten Teil des Codes an, wie weit ihr mit dem eingesparten CO₂ kommt, wenn ihr mit einem Auto eine Weltreise machen wolltet.

Nachbereitung des Lernangebotes

Bioökonomie

In der Abschlussbotschaft von Noah wird noch einmal eindringlich ein Appell an die Schüler*innen gerichtet, dass eine nachhaltige Zukunft stark von ihren Handlungen als Konsumenten, Berufstätige und zukünftige Entscheidungsträger abhängen wird. Der Begriff der Bioökonomie wird hier noch einmal unter den Aspekten der fünf Module zusammenführend betrachtet.

Anschließend werden die Ergebnisse der Gruppenarbeiten in den Modulen im Programm besprochen und ausgewertet und noch einmal in den Kontext biobasierte Wirtschaftsweisen und Sustainable Development Goals gestellt. Damit endet das Programm.

Für Lehrer*innen gibt dieses Kapitel noch einige methodische Anregungen für eine Nachbereitung des Projekttags im regulären Unterricht. Vorschläge zur Evaluation und Leistungskontrolle sind in den abschließenden Kapiteln zu finden.

Methode Mindmap: Bioökonomie Wortwolke

Benötigte Materialien: Pinnwände, Karteikarten, Permanentmarker

Die Schüler*innen teilen sich in fünf Gruppen auf und erhalten Karteikarten mit Schlüsselbegriffen zu den fünf Modulen, die sie im Programm bearbeitet haben. Diese sollen sie in Gruppenarbeit noch einmal für sich definieren, Beispiele nennen und einen Bezug zur Bioökonomie herstellen.

Leitfragen: Was bedeutet der Begriff? Welches Beispiel verdeutlicht den Begriff? Was hat der Begriff mit Bioökonomie zu tun?

Abschließend stecken die Schüler*innen ihre Begriffe an die Pinnwand rund um den Zentralbegriff Bioökonomie und die fünf Module und stellen Ausarbeitungen vor der Klasse vor. Gemeinsam kann dann überlegt werden, wie sich die Schlüsselbegriffe auch auf andere Branchen oder Lebensbereiche übertragen lassen.

Begriffe finden sich im Glossar oder es können folgende Beispielbegriffe verwendet werden:

Gruppe 1 Holz: Nachwachsender Rohstoff, Nachhaltigkeit, CO₂-Kreislauf

Gruppe 2 Naturfarben: Grundchemikalien, Plattformchemikalien, Grüne Chemie

Gruppe 3 Torfersatzstoffe: Ressourcenschonung, Kohlenstoffspeicher, Kultursubstrat

Gruppe 4 Mikroalgen: Biomasse, Phytoplankton, Nutzungspotenzial

Gruppe 5 Kunststoffe: Wertstoffkreislauf, Bioabbaubarkeit, Recycling

Methode Zeitkapsel: Zukunft Bioökonomie

Diese Methode erfordert etwas mehr Vorarbeit von den Schüler*innen. In einem Aufsatz, Brief oder einer anderen Dokumentationsform wie Kurzvideo, Hörbotschaft oder einer Collage können die Schüler*innen ihren Zukunftsentwurf für das Jahr 2100 darstellen. Dabei können sie auf den Zustand der Welt und des Klimas Bezug nehmen, ein Bild des Lebensalltags der Menschen entwerfen, beschreiben, was sich wirtschaftlich oder politisch geändert hat und welche Innovationen der Wissenschaft Fortschritt gebracht haben oder welche Katastrophen das Leben erschwert haben. Sie sollen auch eintragen, was sie selbst in ihrem Leben beigetragen haben, um diese Zukunft zu realisieren. Diese Zukunftsentwürfe werden gesammelt und in einem Behälter eingeschlossen bis zu einem bestimmten Zeitpunkt, an dem das Ganze von allen gemeinsam wieder geöffnet werden soll, zum Beispiel zum Ende der Sekundarstufe oder zum Schulabschluss.

Methode Schulreport: Regionale Bioökonomie

Eine längere Beschäftigung mit der Bioökonomie ermöglicht regionale Recherche. Die Schüler*innen können selbstständig recherchieren, welche Branchen oder Unternehmen es in ihrer Region gibt, die bioökonomischen Prinzipien folgen. Ein Interview oder kurzes Firmenporträt kann erstellt werden, eventuell ergibt sich sogar ein Kontakt für ein Betriebspraktikum einzelner Schüler*innen.

Methode Selbstbeobachtung: Bioökonomie im Alltag

Einen Denkanstoß in Bezug auf Nachhaltigkeit im eigenen Alltag kann auch eine Selbstbeobachtungsaufgabe geben. Zum Beispiel können die Schüler*innen eine Woche lang ihr Verhalten in einem bestimmten Bereich untersuchen und analysieren. Beispiele hierfür wären ein Mülltagebuch führen und den Müll nach Kunststoffart sortieren oder den Inhalt des Kleiderschranks analysieren nach Kunstfasergehalt, Tragehäufigkeit und -dauer oder unter der Leitfrage ‚Wie nachhaltig ist mein Hobby?‘. Mit ein paar Anregungen kommen die Schüler*innen selbst auf interessante Ideen.

Glossar

Bioabbaubarkeit

Biologisch abbaubar sind organische Materialien, die von Kleinstorganismen wie Pilzen und Bakterien wieder in ihre mineralischen, sprich anorganischen Grundbestandteile zerlegt werden können. Beispiel: Holz ist bioabbaubar. Kunststoffe können je nach chemischer Struktur und Ausgangsmaterial bioabbaubar sein, brauchen aber wesentlich länger zur Zersetzung, weil ihre Moleküle sehr viel komplexer aufgebaut sind.

Biobasiert

Das bedeutet, auf der Basis von pflanzlichen oder tierischen Ausgangsmaterialien hergestellt. Die Ressource, die als Grundlage dient, kann nachwachsen.

Biomasse

Weit gefasst bezeichnet Biomasse die Gesamtheit aller Lebewesen, einschließlich des abgestorbenen Materials. Im Kontext der erneuerbaren Energien werden alle organischen Stoffe pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, die als Energieträger genutzt werden können, als Biomasse bezeichnet. Für die Bioökonomie bezieht sich das nicht bloß auf Energieträger, sondern auch auf Nahrungsmittel und generell nachwachsende Ressourcen für Produkte.

Bioraffinerie

Der Begriff orientiert sich an der Erdölraffinerie, in der Erdöl in einzelne Fraktionen und Komponenten getrennt wird, die ihrerseits Ausgangsstoff für viele weitere Stoffe sind. Statt Erdöl wird in einer Bioraffinerie aber Biomasse aufgespalten. Das können z.B. Holz oder Lebensmittelabfälle sein, aus denen wichtige Naturbausteine wie Öle, Proteine und Kohlenhydrate isoliert werden. Diese können dann zur Herstellung von Plattformchemikalien weiterverwendet werden. Reste werden energetisch genutzt.

Cellulose

Pflanzliche Zellwände bestehen zur Hälfte aus Cellulose, die dadurch gestützt werden. Sie ist die häufigste organische Verbindung der Welt. Sie ist ein Kohlenhydrat und speichert also Kohlenstoff in Materie, daher ist sie ein guter Brennstoff. Es bildet auch den Grundstoff für viele verschiedene Produkte wie Papier oder Kleidungsfasern.

CO₂-Kreislauf

Der CO₂-Kreislauf wird oft auch nur als Kohlenstoffkreislauf bezeichnet. Damit wird die Bewegung von Kohlenstoff-Atomen im gesamten Erdsystem beschrieben. Kohlenstoff befindet sich in der Luft, in den Lebewesen und im Wasser und wird größtenteils im Boden langfristig im Gestein gebunden. Durch den Kreislauf befinden sich die Atome im Fluss und gehen neue Bindungen ein, dadurch steigt und sinkt die Konzentration z. B. in der Luft. Pflanzen betreiben Fotosynthese und speichern dabei Kohlenstoff im Holz und geben Sauerstoff ab und bei Verrottung oder Verbrennung von Holz wird dieses wieder Teil des Kreislaufs. Durch das Verbrennen von Erdöl und Kohle, die eigentlich feste Reservoirs von Kohlenstoff in der Erde bilden, wird aber zusätzliches CO₂ in die Luft entlassen, welches nicht Teil des natürlichen Kreislaufes ist. Dieser Eingriff in den natürlichen Kreislauf verursacht den menschengemachten Klimawandel.

Cyanobakterien

Sie gehören zu den Bakterien und bilden eine Abteilung, das heißt, viele Arten werden unter dem Begriff zusammengefasst. Weil einige dieser Arten Fotosynthese betreiben können, hat man sie lange den Mikroalgen zugeordnet, obwohl ihre Zellen anders aufgebaut sind. Es handelt sich um sehr alte Lebensformen. Ihre Verbreitung im Meer und ihre Fähigkeit zur Fotosynthese erzeugte vor Milliarden Jahren die Umwandlung der sauerstofflosen Atmosphäre in eine sauerstoffangereicherte, in der sich deshalb weiteres Leben entwickeln konnte.

Emissionen

Emission bedeutet erst einmal nur Ausstoß von Teilchen, Stoffen, Wellen oder Strahlung in die Umwelt. Im Zusammenhang mit Umwelt- oder Klimaschutz ist mit Emission der Ausstoß von den Klimawandel beschleunigenden oder umweltzerstörendem Material gemeint, zum Beispiel von CO₂, Methan und anderen Treibhausgasen.

Fossile Rohstoffe

Das sind Rohstoffe, die vor Millionen Jahren aus Abbauprodukten von toten Pflanzen und Tieren entstanden sind. Erdöl und Erdgas entstand aus abgestorbenen Kleinstlebewesen wie Algen, Steinkohle aus toten Pflanzen. Auch Torf ist ein fossiler Rohstoff, der eine Vorstufe von Kohle darstellt.

Grundchemikalien

Wie der Name andeutet, bilden sie die Grundlage für fast alle chemisch hergestellten Stoffe, aus denen Industrieprodukte hergestellt werden. Die Grundchemikalien werden zu 90% aus Erdöl gewonnen. Ethylen ist eine der mengenmäßig am häufigsten hergestellten Grundchemikalien aus Erdöl und wird unter anderem zur Herstellung von Kunststoffen wie Polyethylen genutzt.

Grüne Chemie

Das ist ein nicht genau definierter Begriff, der darauf abzielt, alle Erzeugungs- und Verarbeitungsprozesse der chemischen Industrie und Forschung umweltverträglich zu gestalten. Dies beinhaltet Energieeinsparungen, Gefahrenvermeidung in der Produktion und den Ersatz fossiler Rohstoffe durch nachwachsende Rohstoffe als Ausgangsstoffe für die Chemikalienproduktion.

Hemicellulose

Sie sind einer der drei wichtigsten Bestandteile von Pflanzen und machen ein Viertel bis ein Drittel der Holzmasse aus. Wie die Cellulose unterstützen sie die Stabilität der Zellwände. Sie werden in der Papierherstellung eingesetzt und könnten in einer auf nachwachsenden Rohstoffen ausgelegten chemischen Industrie eine Ausgangsstoff für viele Plattformchemikalien sein.

Innovation

Damit werden wissenschaftliche Neuerungen und Ideen bezeichnet, die wirtschaftlich umgesetzt werden können und zum Fortschritt beitragen. Im Sinne der Bioökonomie kommt Innovationen die Aufgabe zu, bislang bestehende Verfahren, die auf fossilen Rohstoffen oder großer Energieaufwendung basieren, durch neue umweltfreundlichere Verfahren abzulösen.

Kohlenstoffspeicher

Die Erde hat eine begrenzte Menge Kohlenstoffatome, die mit zum Teil festgelegt sind und zum Teil im Kohlenstoffkreislauf in Bewegung sind. Der größte Teil des Kohlenstoffes lagert im Gestein der Erde. Er ist ein dauerhafter Kohlenstoffspeicher, der nur wenig Kohlenstoff durch Verwitterung an die Umwelt abgibt. Bäume speichern Kohlenstoff im Holz ein, dies ist also zeitgebunden festgelegt, bis das Holz zerstört wird. Moore und Permafrostböden speichern ebenfalls große Mengen Kohlenstoff, die aus vergangenen Zeitaltern stammen. Der Erderwärmung erhöht die Lösung des Kohlenstoffes aus der Erde und sorgt dadurch für zusätzliches CO₂ in

der Luft, was wiederum den Treibhauseffekt und damit den Klimawandel beschleunigt.

Kreislaufwirtschaft

Der Begriff bezeichnet ein zentrales Prinzip der Bioökonomie und am Einfachsten über den Gegenbegriff der Linearwirtschaft zu erklären. In einer linearen Wirtschaft werden die zur Güterproduktion verwendeten Rohstoffe nach Ende ihrer Nutzung größtenteils als Müll deponiert oder verbrannt. In einer Kreislaufwirtschaft gäbe es streng genommen keinen Abfall mehr, weil alle Materialien repariert, wiederverwendet, umgenutzt oder recycelt werden und sich damit stets in einem Kreislauf der Materialien befinden. Damit würde man Rohstoffe und Energie sparen und hätte das Müllproblem gelöst. In diesen Gedankengang gehört auch das Konzept „Cradle-to-Cradle“ (Dt. (von Wiege zu Wiege), das einen steten Materialfluss von der biologischen Seite der nachwachsenden Rohstoffe zur technischen Seite der Produktherstellung und wieder zurück vorsieht. Das Symbol für dieses Konzept ist meist eine liegende Acht mit Flussrichtungspfeil, das an das mathematische Unendlichkeitszeichen erinnert.

Kultursubstrat

Dies ist der Fachbegriff für Erdgemische, die bei der Kultivierung, also der Aufzucht von Pflanzen zum Einsatz kommen. Durch das auf sie abgestimmte Substrat erhalten die Pflanzen optimale Wachstumsbedingungen und haben dadurch gleichbleibende Qualität. Die meisten Substrate enthalten Torf, weil dieser viel Feuchtigkeit halten kann und gleichzeitig sehr nährstoffarm ist, also durch Beimischungen von Mineralien besonders gut auf die Pflanzen angepasst werden kann.

Lignin

Lignin kommt in allen verholzten Pflanzen vor und gibt der Zellstruktur Druckfestigkeit und ist der Bestandteil, der Holz hart und steif macht. Lignin fällt bei der Papierherstellung als Reststoff an und wird überwiegend verbrannt. Inzwischen gibt es jedoch auch Bestrebungen, es in Bioraffinerien zur Herstellung von Chemikalien einzusetzen oder als biobasierten Kunststoff zu verwenden.

Nachhaltigkeit

Der Begriff wurde als erstes von einem Staatsangestellten im 18. Jahrhundert verwendet, von Hans Carl von Carlowitz. In seinem Werk zur Forstwirtschaft wollte er der Übernutzung der Wälder und der drohenden Entwaldung und Verwüstung ganzer Landstriche entgegenwirken und

empfahl daher, abgeholzte Flächen wieder aufzuforsten, damit wieder neues Holz nachwachsen kann. Statt an kurzfristige Nutzung sollte man an langfristige Erhaltung der Ressource denken. Die Nutzung einer Ressource darf also deren Regenerationsfähigkeit nicht überschreiten.

Nachwachsende Rohstoffe

Im Gegensatz zu fossilen oder nichterneuerbaren Rohstoffen sind sie nicht endlich. Bei nachhaltiger Nutzung erneuern sie sich durch Wachstum oder Vermehrung selbst. Sie können pflanzlicher oder tierischer Herkunft sein oder sind Erzeugnisse von Kleinstlebewesen wie Bakterien und Pilzen.

Naturfarben

Es gibt keine einheitliche Definition des Begriffs Naturfarben. Einerseits können hier in der Natur vorkommende Farbstoffe gemeint sein, wie Erdfarben oder Farbstoffe in Pflanzen. In der Farbenindustrie werden Produkte als Naturfarben bezeichnet, wenn sie vorwiegend auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen hergestellt werden, also zum Beispiel aus Pflanzenöl oder Bienenwachs.

Phytoplankton

Phytoplankton besteht aus frei im Wasser treibenden pflanzlichen Kleinstorganismen. Darunter sind vor allem Mikroalgenarten und Fotosynthese betreibende Bakterien wie Cyanobakterien. Sie sind der unterste Teil der Nahrungskette im Meer und produzieren einen großen Teil des Sauerstoffs der Erde.

Plattformchemikalien

Plattformchemikalien könnten der nachhaltige Ersatz für Grundchemikalien werden. Im Gegensatz zu diesen werden sie aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und nicht aus Erdöl. Glycerin oder Milchsäure sind Beispiele für Plattformchemikalien. Aus ihnen können zum Beispiel Biokunststoffe hergestellt werden.

Ressourcenschonung

Ressourcenschonung bedeutet, weniger von einem Rohstoff zu verwenden. Dies ist besonders wichtig, wenn es sich um einen nichterneuerbaren Rohstoff handelt, z.B. um Torf. Der Begriff bezieht sich aber auch auf die Bereitstellung des Rohstoffs. Beim Torfabbau bedeutet er, dass eine Restschicht Torf erhalten bleibt und das Gelände anschließend wieder durch Wiedervernässung und Bepflanzung zum Moor renaturiert wird.

Sortenreinheit

Kunststoffprodukte bestehen oft aus mehreren verschiedenen Kunststoffen. Eine normale Trinkflasche hat zum Beispiel eine Kunststoffart als Körper, eine andere als Verschluss und eine dritte als Etikett. Oft sind diese Kunststoffe in ihren Eigenschaften sehr unterschiedlich und müssen getrennt recycelt werden. Sind sie aber miteinander verklebt, geht das nur mit viel Aufwand und deshalb werden solche Verbundprodukte oft nicht recycelt, sondern verbrannt.

Wertstoffkreislauf

Ein Wertstoffkreislauf greift das Konzept der Kreislaufwirtschaft auf, nach dem es keine Abfälle im eigentlichen Sinne gibt, sondern alle Stoffe weiterverwendet werden können. Dies trifft leider noch nicht auf alle Stoffe in unserer Industrie zu, aber bereits heute wird auf den sogenannten Wertstoffhöfen Material getrennt gesammelt und zum Recycling aufbereitet.

Lösungshilfen

AB1: Farbenquiz

Frage 1: Alle richtig; Frage 2: Indigo; Frage 3: Lapislazuli; Frage 4: Farbige Erden, Holzkohle und Kreide; Frage 5: Cochenilleschildlaus; Frage 6: Kunstharz, Wasser; Frage 7: Mauvein; Frage 8: ohne Lösungsmittel und Weichmacher, Eigenschaften passen zum Maluntergrund; Frage 9: Schwedenrot; Frage 10: DIN EN 71

AB 2: Inhaltstoffe

Erdöl: Isoaliphate, Azofarbstoffe, Testbenzin, Kunstharz, Mineralöl
Nachwachsende Rohstoffe: Leinölfirnis, Methylcellulose, Carnaubawachs, Rizinusöl

AB 3: Sortierung Übersicht u. Code für Auflösung

Nummer	Kunststoffart	Objekt
1	Polyethylen (PE)	Plastiktüte
2	Polypropylen (PP)	Lebensmittelverpackung schwarze Schale
3	Polyethylenterephthalat (PET)	Recycling PET-Flasche
4	Polystyrol (PS)	Transportkiste aus Styropor
5	Polyvinylchlorid (PVC)	Schallplatte
6	Polylactic Acid (PLA)	Besteck
7	Thermoplastische Stärke	Medikamentenkapseln
8	Polyhydroxybuttersäure	Kosmetikdöschen
9	Zellglas/Cellulosehydrat	Briefumschläge mit Sichtfenster
10	Thermoplastisches Lignin/ 'flüssiges Holz'	Seifenschale Arboform

AB 4: Plastikvermeidung

Frage 1: 7 ; Frage 2: 4, 6 ; Frage 3: 5, 8; Frage 4: 1 ; Frage 5: 10

AB 5: Zeitleiste

1859 Drake, Erdölförderung/1882 Edison, Kohlekraftwerk/ 1907 Baekeland, Kunststoff/1908 Arrhenius Klimawandel/1952 London Smog/ 1958 Keeling Messungen/ 1960 Erdöl Kunststoffindustrie/ 1979 Weltklimakonferenz/1997 Kyoto Protokoll/ 2015 Klimaschutzabkommen

AB 6: Holzquiz

Aufgabe 1: 302.400 m³; Aufgabe 2: 44 Sekunden; Aufgabe 3: Pappel, Lärche, Eiche, Buche; Aufgabe 4: Dachstuhl/Fichte; Möbel und Innenausbau/Buche; Fachwerk/Eiche; Bootsbau/Lärche; Aufgabe 5: Ein halber Festmeter

AB 7: Fotobioreaktor-Schema

1. Entlüftungsloch mit Trichter/Aufgaben: • Luftzirkulation • Zugabe von Nährlösung
 2. Folienbehälter/Aufgaben: • Lichtdurchlässigkeit zur Photosynthese • Verdunstungsschutz
 3. Beleuchtung/Aufgaben: • Anregung zur Fotosynthese • Wärmequelle • Tag-/Nacht-Zyklus
 4. Wasser/Aufgaben: • Lebensraum der Algenkultur • Temperaturregulierung, gelöstes CO₂, pH-Wert, Nährstoffe
 5. Algenkultur *Chlorella vulgaris*/Aufgaben: • CO₂-Produktion • Biomasse-Produktion • Wertvolle Inhaltsstoffe
 6. Belüftungsschlauch mit Pumpe/Aufgaben: • Umwälzung der Algen-Biomasse • CO₂-Zufuhr
- Frage 1 : 3 Tage
Frage 2: Lichtmangel

AB 8: Algensalat!

Alge	Rätselsatz	Objekt/Nutzung
Spirulina Maxima Cyanobakterien (auch Blaualgen genannt)	Wenn ich Stress habe, mache ich einfach Blau.	Phycocyanin, Lebensmittelfarbe auf Algenbasis, leuchtend blaues Pulver in einem Schraubglas
Haematococcus pluvialis	Nur ein roter Lachs guter Lachs!	Astaxanthin Nahrungsergänzungsmittel mit Omega-3-Fettsäuren, auch als Fischfutter
Chlorella vulgaris (Grünalgen)	Gar nicht vulgär! Ich bin deine vegetarische Vitaminfabrik!	Vitamin B12 Ergänzungsmittel
Chlamydomonas reinhardtii (Grünalgen)	Wenn Reinhardt mich in die Mangel nimmt, pupse ich Wasserstoff!	Wasserstoff-Molekül
Dunaliella salina (Grünalgen)	Ich blute, damit du nie wieder Sonnenbrand bekommst!	Kosmetik Sonnenschutzcreme, Hautschützende Wirkung
Scenedesmus spec. (Grünalgen)	Mein Öl bringt dich über die Wolken.	Flugzeugmodell, Algenkerosin

AB 9: Vom Moor zum Torf Aussagen wahr/falsch

Aussage 1: wahr; Aussage 2: wahr; Aussage 3: wahr; Aussage 4: falsch; Aussage 5: wahr; Aussage 6: falsch

AB 10: Weg vom Torf/CO₂-Kalkulator

Erster Wert: 120,52 kg/m³; Torfmindestanteil 30%, maximal 35 %; Kompostanteil 20 - 40 %; 0,5 - 0,6 Erdumrundungen

Evaluation und Leistungskontrolle

Selbsteinschätzung

Name: _____ Klasse: _____

BIOÖKONOMIE VOR ORT

stimmt
stimmt überwiegend
stimmt teilweise
stimmt nicht

Modul 1: Nachhaltige Materialien - Holz

- a) Ich kann anhand von Jahresringen einer Baumscheibe das Alter einer Baumart bestimmen.
- b) Ich kann die Eigenschaft des Holzes als CO₂-Speicher beschreiben.
- c) Ich kann verschiedene Einsatzzwecke von Holz als nachhaltigem Material erörtern.

Modul 2: Wege zur Grünen Chemie - Naturfarben

- a) Ich kann die historische Entwicklung von Färbemitteln beschreiben.
- b) Ich kann die Inhaltsstoffe konventioneller Farben und Naturfarben vergleichen.
- c) Ich kann die Inhaltsstoffe verschiedener Produkte kritisch bewerten.
- d) Ich kann die Aussagen von Verpackungen und Labeln/Siegeln im Hinblick auf die Inhaltsstoffe von Farben analysieren.

Modul 3: Torfersatzstoffe

- a) Ich kann das Moor als schützenswerten Lebensraum bewerten.
- b) Ich kann die Bedeutung der CO₂-Speicherfunktion des Torfes für den Klimaschutz begründen.
- c) Ich kann Möglichkeiten zur Verringerung der CO₂-Belastung eines Kultursubstrates erläutern.
- d) Ich kann alternative Substrate benennen, die Torf ersetzen können.

Modul 4: Mikroalgen

- a) Ich kann die biochemischen Eigenschaften von Mikroalgen benennen.
- b) Ich kann die Funktionsweise eines Fotobioreaktors erklären.
- c) Ich kann das Potenzial der Algenzucht als nachwachsenden Rohstoff erläutern.
- d) Ich kann Algenprodukte nach dem Inhaltsstoff der Algenart sortieren.
- e) Ich kann das Nutzungspotenzial von Mikroalgen für verschiedene Wirtschafts- und Lebensbereiche erläutern.

Modul 5: Kunststoffe

- a) Ich kann die Merkmale verschiedener Kunststoffsorten beschreiben.
- b) Ich kann Alltagsgegenstände den verschiedenen Kunststoffsorten zuordnen.
- c) Ich kann Möglichkeiten von Biopolymeren mit denen konventioneller Kunststoffe vergleichen.
- d) Ich kann Konsumententscheidungen im Hinblick auf Plastikvermeidung bzw. -ersatz kritisch prüfen.

Test

Name: _____ Klasse: _____

BIOÖKONOMIE VOR ORT

1. Ordne die untenstehenden Aussagen der entsprechenden Jahreszahl auf der Zeitleiste zu. (_ / 4 P.)



Bsp.:

<p>1859</p> <p>Beginn der kommerziellen Erdölförderung</p>	<p>Pariser Klimaabkommen legt Grundlage zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5 °C fest.</p>	<p>Auf dem UN-Klimagipfel wird das Kyoto-Protokoll beschlossen.</p>	<p>Erster in Massen produzierter Kunststoff auf Erdölbasis</p>	<p>Charles D. Keeling wies durch Messungen den Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre nach</p>
--	--	---	--	--

2. Nenne 4 Voraussetzungen, die jeder Baum zum Wachsen braucht. (_ / 4 P.)

3. Erkläre, warum sich die Verwendung von Holz als Baumaterial positiv auf die ökologische Bilanz eines Hauses auswirkt. (_ / 2 P.)

4. Vervollständige den Text zum Thema „Naturfarben“. (_/5 P.)

Seit der Steinzeit fasziniert Farbe den Menschen. Bis ins 19. Jahrhundert waren natürlich vorkommende Farbstoffe in _____, _____ und _____ die einzige Möglichkeit, einen Gegenstand einzufärben. Auch die Bindemittel für die farbgebenden Bestandteile, also zum Beispiel _____ und _____, wurden aus _____ Rohstoffen gewonnen. Mit der Zeit verloren die natürlichen Farbgrundstoffe ihre Bedeutung und auch die Bindemittel wurden _____ hergestellt. Heute verwenden viele Betriebe wieder althergebrachte Rezepturen aus natürlichen Rohstoffen. In der Herstellung sind sie weitaus umweltfreundlicher als früher. Die Wiederentdeckung von _____ als Bindemittel in Anstrichmitteln hat große Bedeutung für _____ und _____ für Holz.

5. Wann bezeichnet man in der Farbenindustrie Produkte als Naturfarben? (_/3 P.)

6. Wahr oder falsch? Verbessere die falschen Aussagen und schreibe sie richtig auf. (_/3 P.)

- a) Moore haben eine wichtige ökologische Funktion als Kohlenstoffspeicher. wahr falsch
- b) Zur Torfgewinnung werden heute kaum noch Torfböden ehemaliger Moorflächen abgebaut. wahr falsch
- c) Eine Aufgabe der Bioökonomie ist es, umweltverträgliche Alternativen zum Torf zu finden. wahr falsch
- d) Das Wachstum eines starken Hochmoores beträgt mehrere Tausend Jahre. wahr falsch
- e) Torfmoose sind Wasserspeicher, behalten diese Eigenschaft im abgestorbenen Zustand aber nicht bei. wahr falsch
- f) Hobbygärtner können schon heute alternative Substrate als Torfersatz verwenden. wahr falsch

7. Nenne zwei Eigenschaften des Torfs, die ihn zu einem perfekten Grundstoff für die Züchtung von Pflanzen machen. (_/2 P.)

a) _____ | b) _____

8. Nenne vier wertvolle Inhaltsstoffe von Mikroalgen. (_/4 P.)

1. _____ 3. _____

2. _____ 4. _____

9. Mikroalgen

a) Erkläre, warum sich Mikroalgen zur Ernährung und als Lieferant von Biomasse besonders eignen. (_/2 P.)

b) Beschreibe den Prozess der Kultivierung von Mikroalgen. (_/7 P.)

10. Kreislaufwirtschaft

a) Erkläre den Begriff. (_/3 P.)

b) Nenne zwei Vorteile der Kreislaufwirtschaft. (_/2 P.)

12. Beschreibe fünf Objekte, die nachhaltige Alternativen für einen kunststoff-reduzierten Konsum darstellen. Begründe deine Entscheidung. (_/5 P.)

Gesamt-Punktzahl: _____

Bildnachweis

Alle hier nicht aufgeführten Abbildungen sind gemeinfrei nutzbar oder von 3N selbst erstellt.

Abb. 1 S. 3:

Screenshot Science on a Sphere Mobile App der NOAA

Abb. 2 S. 8:

Blühendes Feld mit Ölleinpflanzen,

© bio pin Vertriebs GmbH

Abb. 3 S. 15:

Nachgebauter Ölbohrurm Titusville, Pennsylvania,

Quelle: Wikipedia, CC BY-SA 3.0

Abb. 4 S. 15:

Ericsson Bakelittelefon 1931, Quelle: Wikipedia,

CC BY-SA 3.0

Abb. 5 S. 15:

Keeling Kurve, Quelle: Nachgebaut,

Vorlage bei Wikipedia CC BY-SA 4.0

Abb. 6 S. 21: Vermehrungsbecken für Mikroalgen,

© NOVAgreen GmbH

Abb. 7 S. 24 oben links:

Torfkante, Fotograf: Heinz Fesl; CC-BY-SA,

geändert durch 3N Dienstleistungen GmbH

Impressum

Herausgeber:

3N Dienstleistungen GmbH

Kompaniestraße 1

49757 Werlte

Niedersachsen • Netzwerk
Nachwachsende Rohstoffe
3N Dienstleistungen GmbH



Redaktion/Überarbeitung:

Frauke Wilkens, Ilona Kriehn-Olesch,

Dr. Marie-Luise Rottmann-Meyer

Grafische Gestaltung:

Margit Camille-Reichardt

Förderhinweis:

Das Projekt »Bioökonomie vor Ort –

Nachhaltigkeit erleben, erkunden, begreifen«

wurde vom Niedersächsischen Ministerium für Ernährung,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz unterstützt.



Niedersächsisches Ministerium
für Ernährung, Landwirtschaft
und Verbraucherschutz

