

Der Einfluss des Menschen auf den Klimawandel

Stationsarbeit




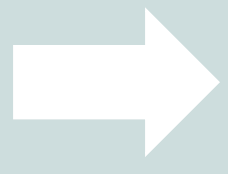





























Laufzettel

Das Klima verändert sich. Viele Auswirkungen spüren wir schon heute deutlich. Immer öfter kommt es in Deutschland zu Wetterextremen und fast jedes Jahr heißt es in den Nachrichten, dass dies eines der wärmsten Jahre der letzten Jahrzehnten sei. Um die Auswirkungen des Klimawandels so gering wie möglich zu halten, ist es wichtig, den Temperaturanstieg bis 2100 auf möglichst 1,5 °C zu begrenzen. Hierfür ist es nötig, die Treibhausgas-Emissionen deutlich zu verringern. In welchen Bereichen Treibhausgase entstehen, wie sie eingespart werden können und welche Bedeutung die durch den Menschen genutzten Ökosysteme auf das Erdklima haben, erfährst du in dieser Stationsarbeit.

Zur Auswahl stehen zehn Stationen, die du entweder allein, oder in Zusammenarbeit mit einem Partner oder einer Gruppe bearbeiten kannst. Das Zeitfenster für eine Station beträgt ungefähr 20 Minuten. Der Pflichtanteil besteht aus vier Stationen. Welche du wählst ist dabei dir (bzw. euch) überlassen.

So funktioniert´s:

1. Klicke auf den weißen Pfeil neben der gewünschten Station, du wirst dorthin weitergeleitet.
2. Bearbeite die Station und kehre danach zu dieser Seite zurück. Du kannst dafür das  Symbol nutzen.
3. Jetzt kannst du ein X in die Spalte „Bearbeitet“ setzen und die nächste Station angehen.

Bearbeitet	Nr.	Stationstitel	Sozialform
	1	Konsum tierischer Lebensmittel 	 
	2	Dünger in der Landwirtschaft 	 
	3	Bodenverdichtung 	 
	4	Waldschäden und Forstwirtschaft 	 
	5	Klimaschäden durch Palmöl 	 
	6	Fossile Energieträger: Kohle 	 
	7	Erneuerbare Energien 	 
	8	Mobilität 	 
	9	Nutzung von Mooren 	 
	10	Kunststoffe 	 

Station 1: Konsum tierischer Lebensmittel



Deutschland verfügt über **16,7 Millionen Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche**. Hiervon werden allein 9,6 Millionen Hektar für die Produktion von tierischen Lebensmitteln genutzt. Das entspricht mehr als **50% der Fläche**. Der Konsum von tierischen Erzeugnissen benötigt also viel Platz. Bei einem jährlichen Bedarf von 1.424 m² pro Kopf werden insgesamt in Deutschland 11,8 Millionen Hektar benötigt. Diese Fläche steht aber nicht zur Verfügung, sodass tierische Produkte auch aus dem Ausland bezogen werden müssen. Über den **Import** werden vor allem Futtermittel, Fleisch und Milcherzeugnisse bezogen. Die Fläche, die zur Erzeugung im Ausland zur Verfügung steht, bezeichnet man als **virtuelle Fläche**. Das sind in etwa 17,3 Millionen Hektar. Außerdem exportiert Deutschland seine Erzeugnisse selbst auch ins Ausland. Im Jahr 2018 lag der Anteil an Erzeugnissen für den **Export** bei 13,3% für Fleisch und Fleischwaren sowie 12,4% für Milch und Milcherzeugnisse.

Sowohl Import als auch Export haben einen Einfluss auf den Anstieg der globalen CO₂-Emission. Doch auch die Haltung von Tieren sowie die Verarbeitung und Lagerung ihrer zur Ernährung produzierten Erzeugnissen trägt zur globalen CO₂-Emission bei: Die Klimabilanz von Rind, Schwein und Geflügel ist sehr unterschiedlich. Das liegt unter anderem an den verschiedenen Klimagasen, die während der Haltung, dem Transport und der Verarbeitung freigesetzt werden. **N₂O** (Lachgas) fällt beispielsweise weiter Düngung an, **CH₄** (Methan) bei der Futtermittelversorgung durch Reis oder den Verdauungsprozessen von Wiederkäuern sowie der Ausbringung von Gülle. **CO₂** (Kohlenstoffdioxid) wird durch Futtermittel wie Weizen, die Energieversorgung auf dem Betriebsgelände (z.B. durch Beleuchtung und Melkmaschinen) und beim Transport der Tiere, der Verarbeitung und der Lagerung von tierischen Produkten freigesetzt.

Verteilung der klimarelevanten Treibhausgase in der Viehhaltung

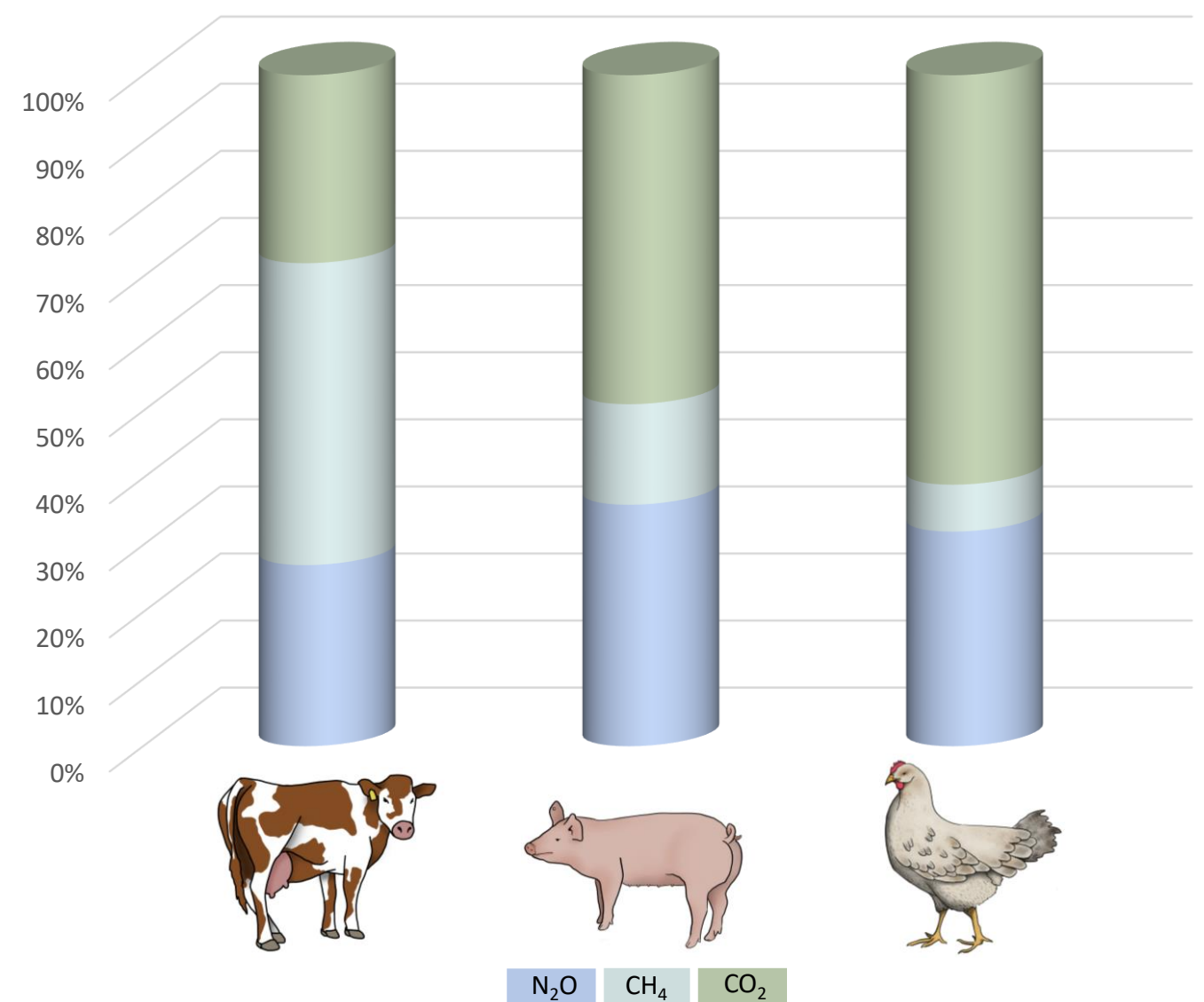


Abb. 1) Verteilung der klimarelevanten Treibhausgase in der Viehhaltung. (verändert nach Sharma 2021)

Nutztier	pro-Kopf- Verbrauch in kg / Jahr im Durchschnitt	CO ₂ -Äquivalente pro kg
Rind	14,6	13,3
Schwein	49,7	3,3
Geflügel	20,9	3,5

Tab. 1) Gegenüberstellung des jährlichen Durchschnittskonsums in Deutschland und dem durchschnittlichen Treibhausgasausstoß pro kg (verändert nach Janson 2020 / Wentz & Rehmer 2021)

Übermäßiger Fleischkonsum

Beim Einkaufen wird dir bestimmt schon aufgefallen sein, welche große Menge an tierischen Lebensmitteln angeboten wird. Der Durchschnittskonsum der Bevölkerung in Deutschland begünstigt die Aufrechterhaltung von **Massentierhaltung**, denn nur so kann sichergestellt werden, dass das Nahrungsangebot in seiner jetzigen Fülle weiterhin angeboten werden kann. So ist es auch möglich, die Kosten für den Konsumenten dauerhaft auf einen niedrigen Niveau zu halten.

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt übrigens einen pro-Kopf-Konsum von maximal 600 g Fleisch pro Woche. Der aktuelle Durchschnittskonsum liegt jedoch bei über 1.000 g.

Station 1: Konsum tierischer Lebensmittel



Aufgabe 1

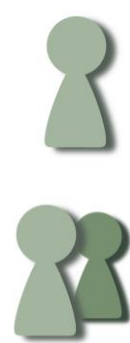
Nenne die Klimagase, die bei der Erzeugung von tierischen Lebensmittel entstehen und wodurch sie verursacht werden. Die nötigen Informationen findest du im Text.

Klimagase durch tierische Lebensmittel			
Entstehung durch:			

Aufgabe 2

Erläutere in eigenen Worten, was aus deiner Sicht nötig wäre, um die jährliche CO₂-Emission durch tierische Erzeugnisse zu verringern.

Station 2: Dünger in der Landwirtschaft



Mit einem Anteil von **7,8% des Gesamtausstoßes an Treibhausgasen** in Deutschland hat die Landwirtschaft einen bedeutenden Anteil an der Treibhausgasemission. Den größten Anteil haben dabei die Viehhaltung, die vor allem durch Massentierhaltung geprägt ist, sowie die landwirtschaftlich genutzten **Böden**. Allein die **Düngung** der Agrarflächen verursachte im Jahr 2015 3,83 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Dabei entfällt der größte Anteil auf die konventionelle Landwirtschaft. **Synthetische Dünger** werden künstlich hergestellt und unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung der drei wichtigsten und für den Pflanzenwachstum bedeutendsten Bodennährstoffen Kalium (K), Phosphor (P) und Stickstoff (N). Daher nennt man diese Düngemittel auch **NPK-Dünger**. Die dort enthaltenen Nährstoffe sind zwar unmittelbar für die Pflanzen verfügbar, können jedoch bei Regenfällen oder Bewässerung rasch ausgewaschen werden und sich in anderen Ökosystemen und im Grundwasser anreichern.

Dort führen die hohen Nährstoffeinträge zu erheblichen Schäden: Durch die **Eutrophierung** (Nährstoffanreicherung) werden Ökosysteme instabil. Dies liegt daran, dass die Lebensbedingungen für alle Organismen verändert werden und dadurch die Biodiversität abnimmt. Die positiven Aspekte für die Klimaregulation hängen jedoch von intakten Ökosystemen ab. Neben der Art der Bewirtschaftung beeinflussen Nährstoffeinträge und -verbrauch die Zusammensetzung der Bodenorganismen. Das hat zur Folge, dass der Aufbau von Humus durch Destruenten, also der am Abbau von organischen Material beteiligten Organismen, eingeschränkt ist. Dabei ist **Humus** wichtig für intakte Böden, denn er besteht neben Pflanzennährstoffen zu rund 57 % aus Kohlenstoff und ist somit ein wichtiger Kohlenstoffspeicher.

Verteilung der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft

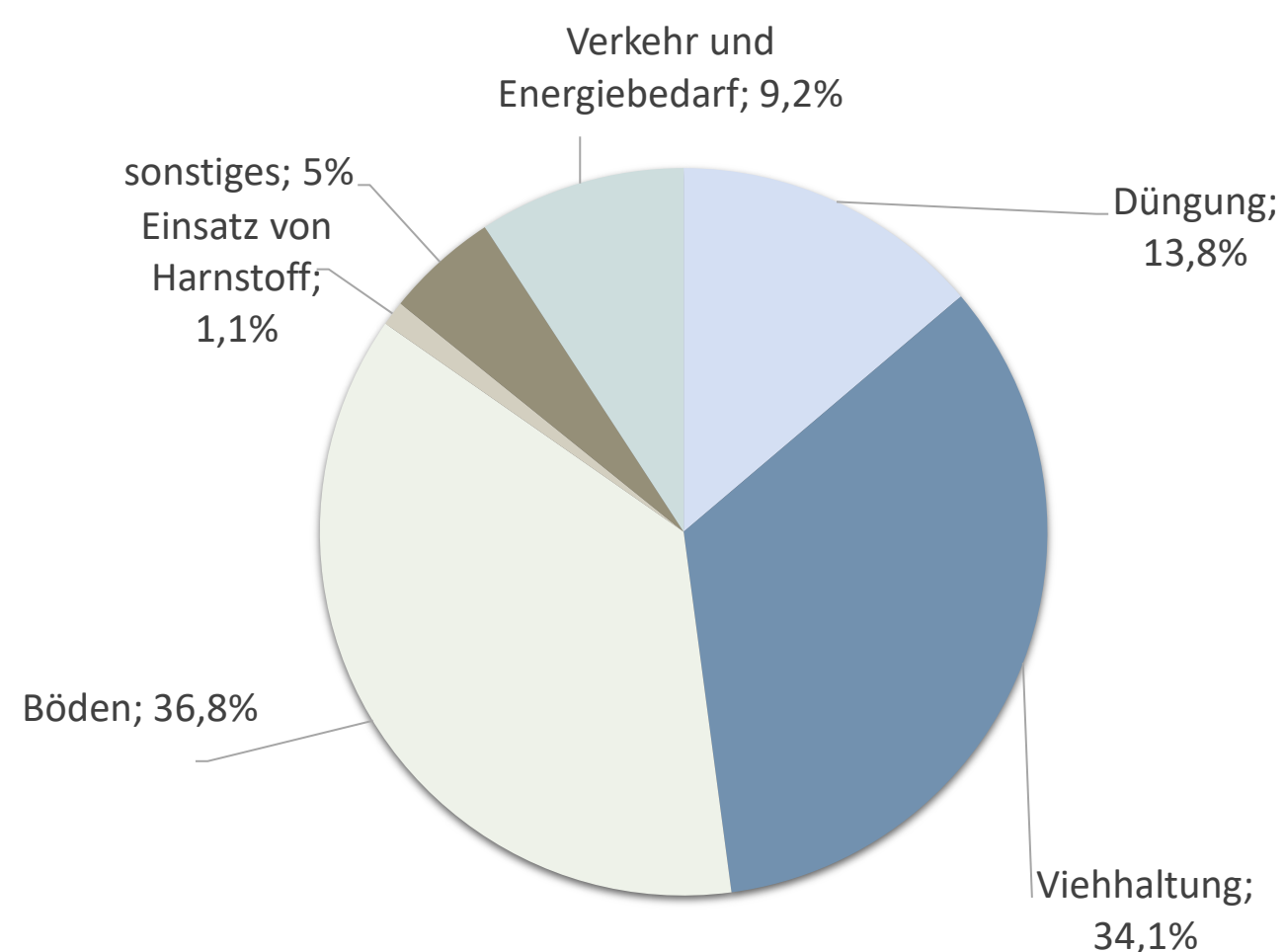
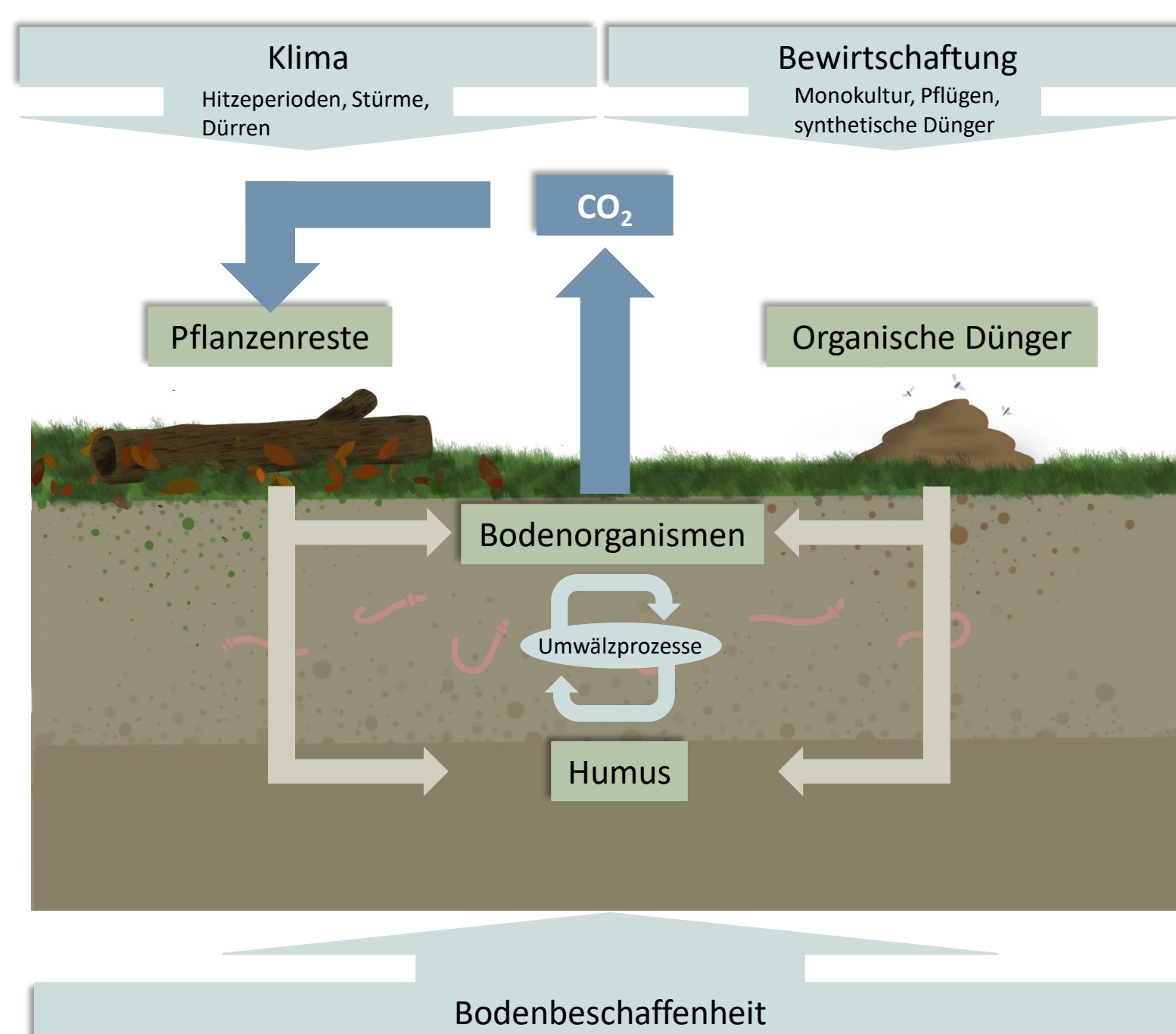


Abb. 2) Verteilung der Treibhausgasemissionen in der Landwirtschaft. (verändert nach BMU 2018)



Düngung in der ökologischen Landwirtschaft

Die ökologische Landwirtschaft kommt ohne synthetische Düngemittel aus, da durch das Ausbringen von **organischem Dünger** (Mist und Gülle) oder dem Verbleib von Ernteresten auf dem Feld die natürlichen Stoffkreisläufe aufrecht erhalten werden können. Destruenten benötigen jedoch mehr Zeit, um organisches Material zu nährendem Humus umzuwandeln, damit die Nährstoffe für die Pflanzen zur Verfügung stehen. Dafür waschen sich die Stickstoffe nicht so leicht aus.

Abb. 3) Schematische Darstellung des Humusaufbaus und der begrenzenden Einflussfaktoren. (verändert nach BMEL 2018a)

Station 2: Dünger in der Landwirtschaft



Aufgabe 1

Stelle die Vor- und Nachteile der verschiedenen Düngemittelvarianten gegenüber. Trage sie in die nachfolgende Tabelle ein.

Einsatz von Düngemittel			
Organische Dünger		Synthetische Dünger	
Vorteile	Nachteile	Vorteile	Nachteile

Aufgabe 2

Vergleiche nun die Vor- und Nachteile der Düngemittel und stelle in eigenen Worten dar, welcher Düngemittelleinsatz klimaverträglicher ist. Begründe deine Aussage.

Station 3: Bodenverdichtung



Böden zählen zu den nicht-erneuerbaren Ressourcen der Erde. Sie sind allein deshalb schon wichtig, weil sie 90 % der Lebensmittelversorgung weltweit sicherstellen. Gesunde und funktionsfähige Böden sind aber auch in der Lage, Kohlenstoff zu speichern und senken dadurch den CO₂-Gehalt in der Atmosphäre. Man bezeichnet sie daher auch als **Kohlenstoffsänke**. Geschädigte Böden hingegen verlieren ihr Potenzial Kohlenstoff aufzunehmen. Sie sind also von großer Bedeutung für das Klima der Erde. Bodenflächen in Deutschland werden unterschiedlich genutzt. Bereits 20,9 % der Bodenfläche in Deutschland ist durch **Versiegelung** nicht mehr funktionsfähig. Auch der Einsatz von **Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft** beeinflusst die Bodenfunktion. Ihr maximales Gewicht ist nicht begrenzt.

Folgen der Bodenverdichtung

Der Druck, den die Maschinen ausüben, presst die Bodenporen in Ober- und Unterboden zusammen. Die Verkleinerung der Poren behindert zahlreiche Vorgänge im Boden. Ihre Größe ist entscheidend dafür, wie gut Luft zirkuliert und Wasser abfließt. Darüber hinaus sind die Poren der Raum für die Wurzeln der Pflanzen und Lebensraum für Bodenorganismen, die am **Humusaufbau** beteiligt sind. Poren mit einem Durchmesser von weniger als 0,05 mm tragen nicht mehr zu einer intakten Bodenfunktion bei. Starke Verdichtungen im Oberboden begünstigen die Bildung von **Stauässe**, da das Regenwasser nicht abfließen kann. Dadurch werden Pflanzen nicht mehr ausreichend bewässert und es kommt durch dauerhaft nasse Böden zur **Freisetzung von N₂O** (Lachgas).

Das Ausmaß der **Bodenverdichtung** ist abhängig vom Bodenzustand. Lehmhaltige und auch feuchte Böden, zum Beispiel nach Regenfällen, sind anfälliger für Verdichtungen. Dazu kommen noch weitere Faktoren wie **Radlast**, **Reifeninnendruck** und die **Reifenbreite**. Sehr breite Reifen mit einer hohen Radlast verursachen dabei Verdichtungen bis in 150 cm Tiefe. Das Problem der Verdichtung lässt sich im Oberboden zwar durch Pflügen beheben, im Unterboden jedoch nicht. Frisch gepflügte Unterböden sind anfälliger für Bodenverdichtungen. Es ist also wichtig, den momentanen Zustand der Böden zu erhalten, um weitere negative Auswirkungen zu verhindern.

Maschinenart	Radlast in Tonnen	Gesamtlast in Tonnen
Schlepper (leer)	1,7 - 4,0 vorn 2,5 - 6,0 hinten	8,4 - 20,0
Mähdrescher (beladen)	8,0 - 10,0 vorn 2,0 - 3,5 hinten	20,0 - 27,0
Güllewagen (beladen)	3,0 - 8,0	12,0 - 32,0

Tab. 2) Übersicht über Rad- und Gesamtlast verschiedener landwirtschaftlicher Maschinen (verändert nach UBA 2019)

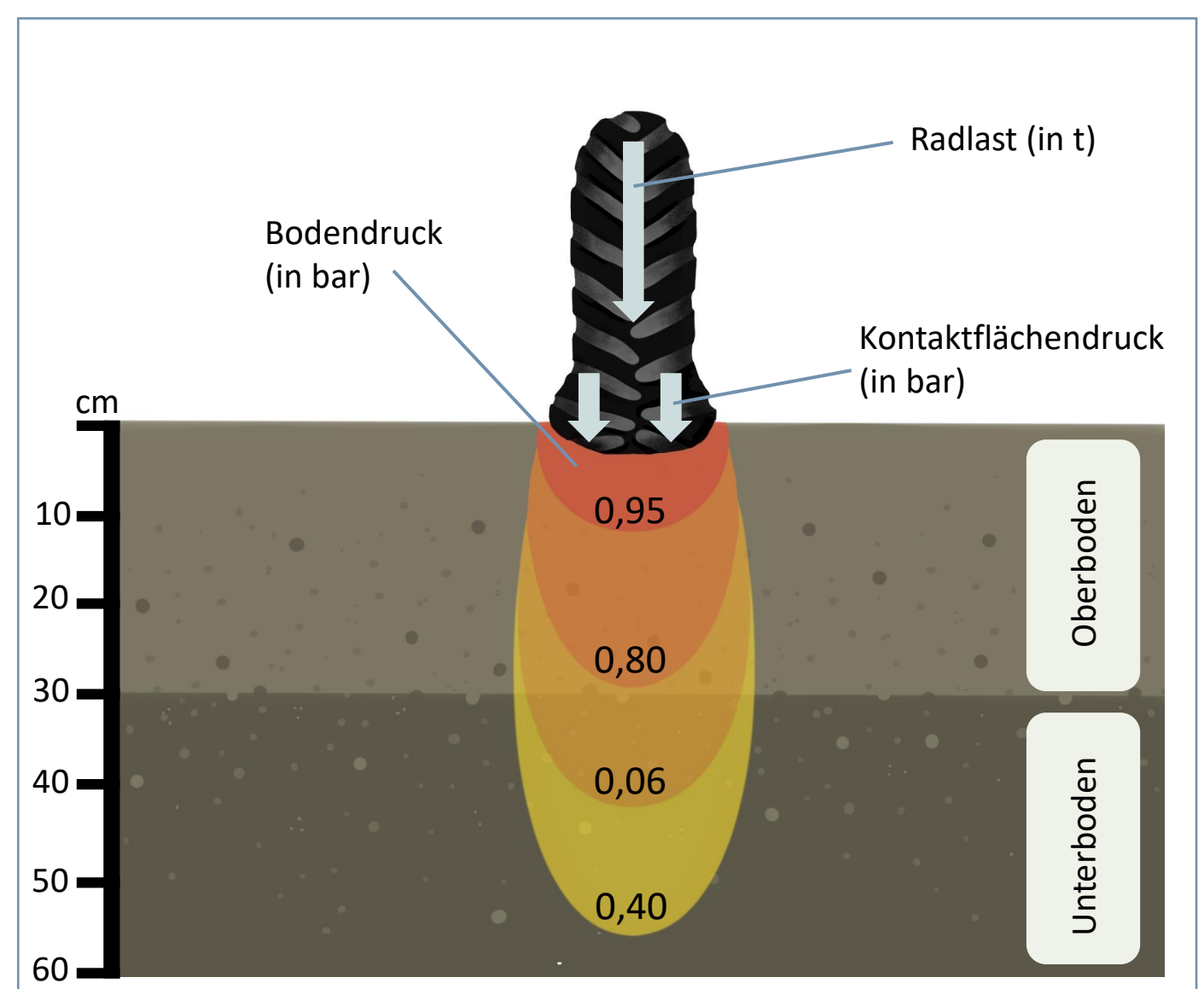


Abb. 4) Schematische Darstellung der Bodenverdichtung durch landwirtschaftlich genutzte Maschinen am Beispiel eines Schleppers. (verändert nach van der Ploeg et al. 2006)

Auswirkungen von Bodenverdichtungen	
direkt	indirekt
<ul style="list-style-type: none"> Der Wasser- und Luftaustausch wird beeinträchtigt Die Neubildung von Grundwasser wird verringert Pflanzen können ihre Wurzeln nicht mehr richtig ausbilden (Ernteauffälle) Es kommt zur Freisetzung von CH₄ und N₂O 	<ul style="list-style-type: none"> es sind weniger Nährstoffe zur Verfügung (vermehrte Düngung notwendig) Die Population von Bodenorganismen geht zurück Es kommt zu Bodenerosionen Gewässer werden mehr belastet

Tab. 3) Übersicht über die Auswirkung von Bodenverdichtungen. (verändert nach UBA 2019)

Station 3: Bodennutzung



Aufgabe 1

Erstelle in Einzelarbeit eine Concept-Map zur Bodenverdichtung. Nutze zur Erstellung die App „Notizen“.

Beziehe dich bei der Erstellung auf die Informationen, die du im Text und den Tabellen/Abbildungen findest. Hierfür hast du 15 Minuten Zeit. Vergleiche danach zu zweit oder in der Gruppe eure Ergebnisse und ergänze diese wenn nötig.

Aufgabe 2

Stelle in Stichpunkten dar, was nötig ist, um die momentane Qualität des Bodens zu erhalten. Nimm dabei Bezug auf die Faktoren, die eine Bodenverdichtung begünstigen.

A large, empty rectangular area with a light green background, intended for students to draw a concept map or list factors for soil quality maintenance.

Station 4: Waldschäden und Forstwirtschaft



Knapp 30 % der Fläche in Deutschland ist Waldfläche. Das entspricht 10,6 Millionen Hektar. Wälder dienen nicht nur der Erholung, sie sind auch wichtig für die Wirtschaft. Holz ist ein wichtiger nachwachsender **Rohstoff** und wird in unterschiedlichen Bereichen genutzt. Zum einen dient Holz als Baumaterial für Häuser und Möbelstücke, zum anderen dient Holz der Papierproduktion und Energiegewinnung, zum Beispiel in Pelletöfen. Für das Klima sind Wälder von besonderer Bedeutung. Nicht nur spenden sie uns lebenswichtigen Sauerstoff, sie speichern auch in ihrer Biomasse Kohlenstoff, den sie aus der Umgebung aufnehmen. Jedoch funktionieren Wälder nur dann als **Kohlenstoffsinken**, wenn sie gesund und funktionsfähig sind. Durch den Ausstoß von Treibhausgasen werden Wälder aber nachhaltig geschädigt. Oft sieht man das zum Beispiel an Autobahnen: Das Kronendach des Waldes wird lichter und die **Fotosyntheseleistung** der Wälder geht damit zurück. Bereits jetzt müssen 180.000 Hektar Wald neu aufgeforstet werden. Als Ursache für diese starken Schädigungen werden neben Schadstoffbelastungen durch Abgase Extremwetterereignisse wie Stürme und Dürren aber auch Schädlingsplagen gesehen.

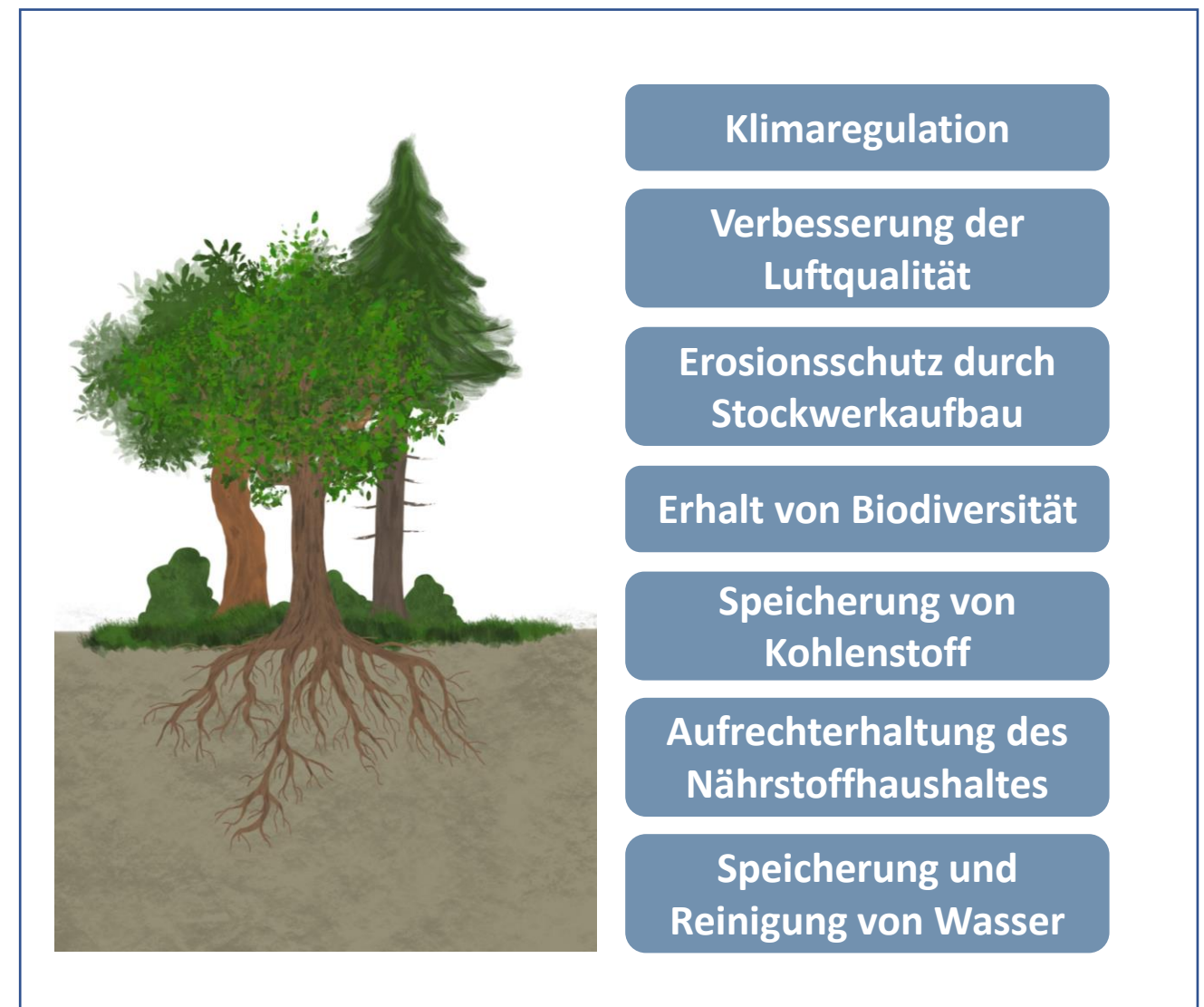


Abb. 5) Übersicht einiger Ökosystemleistungen eines intakten Mischwaldes (verändert nach FNR 2021)

Sorgenkind Fichtenforst

Um einen großen Holzertrag zu sichern, hat man damit begonnen Fichten zu nutzen. Sie wachsen schnell und sind dabei recht ertragreich. In einem **Fichtenforst** ist die Altersstruktur der Bäume einheitlich, dies liegt an der **Monokultur**, in der sie angebaut werden. Dadurch sind die Bäume anfälliger für Stürme, denn es gibt keinen ausreichenden Schutz für jüngere Bäume. Auch können sich **Schädlinge** wie der Borkenkäfer gut vermehren, da er Fichten bevorzugt. Ein weiteres Problem ist, dass die herabfallenden Nadeln der Fichte sich nur langsam abbauen und somit zu Versäuerung des Bodens beitragen. Ebenso verhindern sie die Ausbildung einer Strauchschicht, was wiederum die Biodiversität gefährdet.

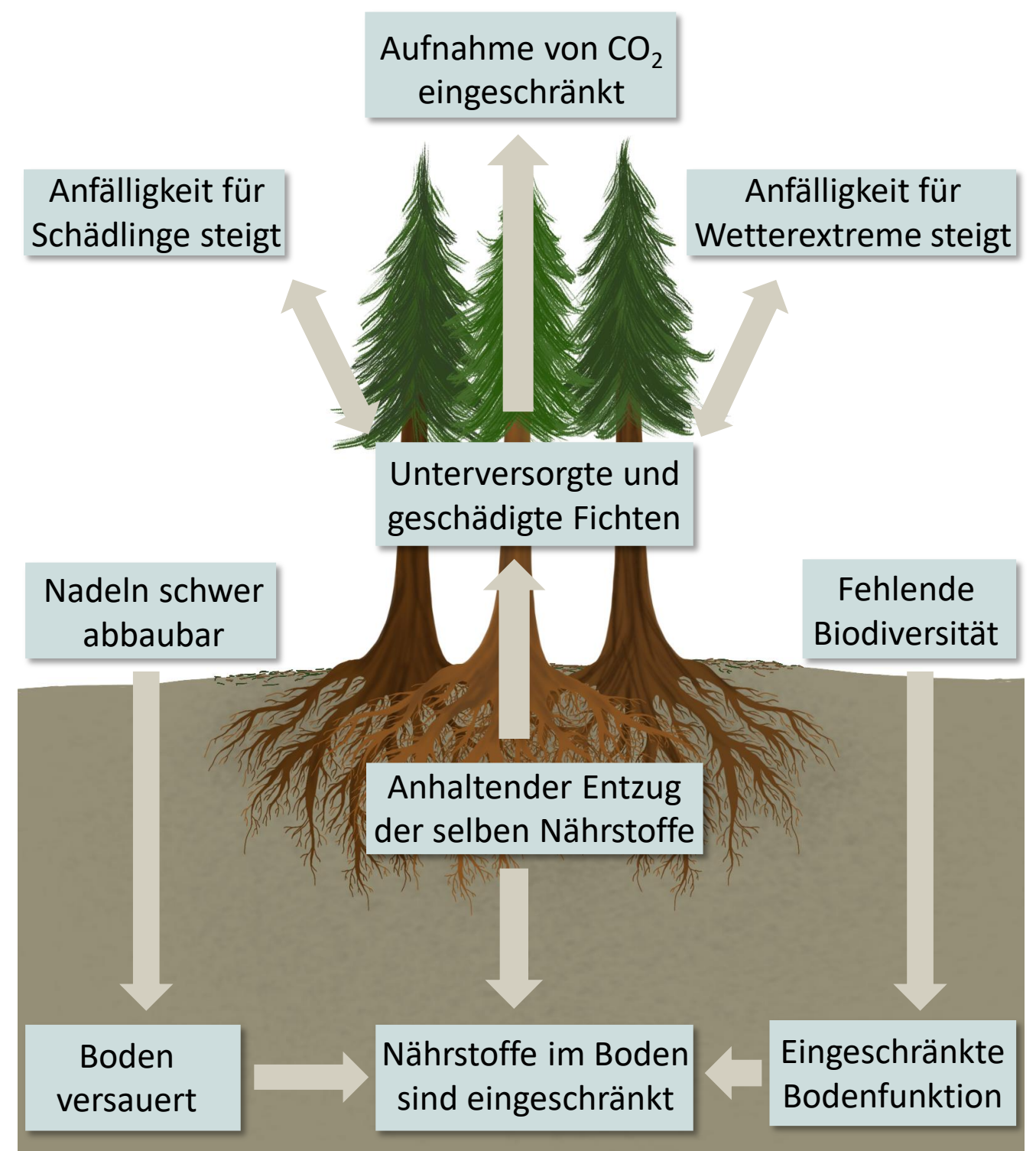


Abb. 6) Probleme der Monokultur am Beispiel des Fichtenforstes (Gabriel 2021)

Station 4: Waldschäden und Forstwirtschaft



Aufgabe 1

Erstelle mit der App „Sprachmemos“ eine Audiodatei, in der du das Problem mit der Monokultur in der Forstwirtschaft mit den Vorteilen eines Mischwaldes in Bezug auf das Klima gegenüberstellst. Nutze als Orientierung die nachfolgende Tabelle, um deine Gedanken vorher zu strukturieren.

Fichten-Monokultur	Mischwald

Station 5: Klimaschäden durch Palmöl



Palmöl ist ein Rohstoff, der hauptsächlich **in Nahrungsmitteln, als Biokraftstoff** und in der **Industrie** verwendet wird. Allein in Deutschland beläuft sich der Import von Palmöl aus Malaysia und Indonesien auf rund 1,8 Millionen Tonnen, weltweit sind es 60 Millionen Tonnen. Um diese Mengen bereitstellen zu können sind bereits mehr als 17 Millionen Hektar in Malaysia und Indonesien für den Anbau der Ölpalme belegt und die Verwendung von Palmöl nimmt mit steigender Weltbevölkerung zu.

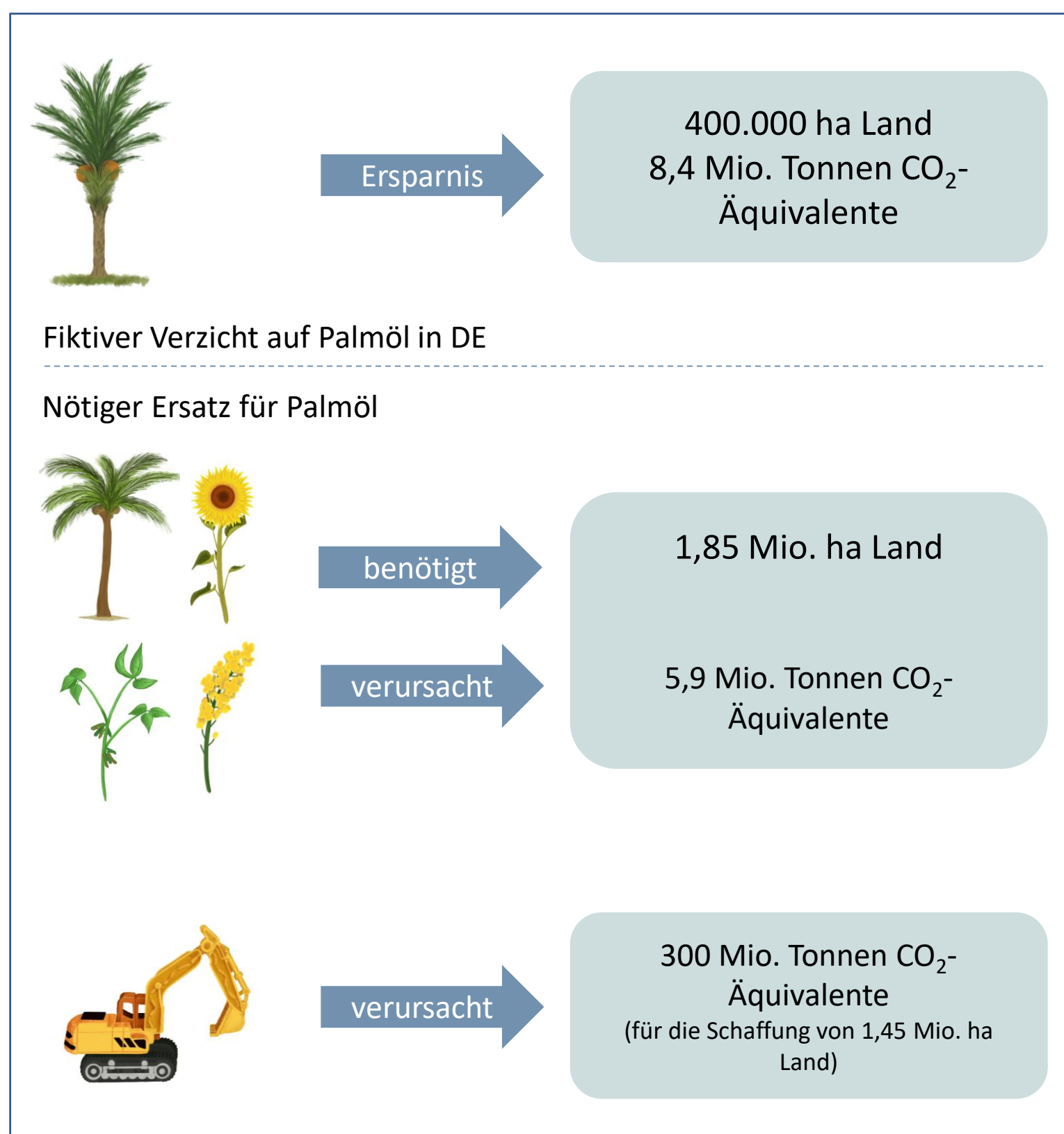
Die Auswirkungen auf den Klimawandel sind nicht zu vernachlässigen. Zum einen geht durch die Rodung von immer mehr Waldflächen ein wichtiger **Speicher für CO₂** verloren, zum anderen kommt es durch Exporte in andere Länder zu einer erhöhten **CO₂ Belastung in der Atmosphäre**. Allein in Indonesien macht der Anbau von Palmöl 80 % der jährlichen Treibhausgasemissionen aus.

Wie lässt sich Palmöl einsparen?

Ersatzmöglichkeiten durch andere Pflanzenöle sind zwar in einigen Bereichen möglich, aber zum Teil sehr aufwendig. Vor allem wenn die Ersatzöle gehärtet werden müssen. Problemlos geht das bei Nahrungsmitteln wie Margarine, Eis oder Knabberwaren wie Chips. Schwieriger wird es dann aber bei Schokolade. Hier eignet sich nur **Kokosöl**, ein weiteres nicht heimisches Pflanzenöl. In der Kosmetik, wie beispielsweise bei Seife, eignet sich auch nur Kokosöl oder **Biienenwachs** als Ersatzbestandteil. Bei den Biokraftstoffen ist ein Ersatz durch **Raps-, Soja- oder Sonnenblumenöl** denkbar.

Verwendung von Palmöl	
Industrie	Seifen, Kosmetika, Waschmittel, industrielle Reiniger, Pharmazie, ...
Bioenergie	Biokraftstoff Heizung, Strom
Nahrungsmittel	Futtermittel für Tiere, Brot und Backwaren, Pizzen, ...

Tab. 4) Übersicht über die Verwendungsbereiche von Palmöl (verändert nach Noleppa & Carlsburg 2016)



Das große Problem

Ersetzt man nun den Palmölbedarf von ganz Deutschland, würde man fast 400.000 Hektar Fläche gewinnen. Für Ersatzöle (beispielsweise Kokos-, Raps-, Sonnenblumen- und Sojaöl) müsste man aber eine Fläche von 1,85 Millionen Hektar neu anlegen. Allein für diesen Umbau würden mehr als 300 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente anfallen.

Auch wenn der Verzicht auf Palmöl dann 8,4 Millionen Tonnen CO₂ jährlich einspart, verursachen die Ersatzöle rund 5,9 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente. Wenn man also mit einer Ersparnis von 2,5 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente jährlich rechnet, dann wiegt sich die Klimabelastung durch den Umbau in 20 Jahren nicht auf.

Abb. 7) Gegenüberstellung von Palmölverzicht in Deutschland und den Auswirkungen des Anbaus von Ersatzölen (verändert nach Noleppa & Carlsburg 2016)

Station 5: Klimaschäden durch Palmöl



Aufgabe 1

Stelle in einem Flussdiagramm die negativen Folgen des steigenden Palmölbedarfs dar. Nutze hierfür die App „Notizen“.

Aufgabe 2

Die Nutzung von Palmöl lässt sich nicht grundsätzlich vermeiden, denn nicht in jedem Bereich lässt sich Palmöl ersetzen. Wie könnte man es dennoch schaffen, in diesem Bereich einen positiven Einfluss auf das Klima zu nehmen? Notiere welche Maßnahmen sich eignen könnten und begründe diese.

A large, empty rectangular area with a light green background, intended for students to write their answers to the tasks. It occupies the lower half of the page.

Station 6: Fossile Energieträger: Kohle



Kohle besteht zum größten Teil aus Kohlenstoff, enthält aber noch andere **Bestandteile** wie Wasser oder Pflanzenreste. Grundsätzlich kann man sagen, je älter die Kohle ist, umso größer ist der Anteil von Kohlenstoff. Steinkohle ist erdgeschichtlich mit bis zu 350 Millionen Jahren am ältesten und im Karbon entstanden, Braunkohle hingegen stammt aus dem Tertiär und ist nur 40 bis 50 Millionen Jahre alt.

Bei der Verbrennung von Kohle entsteht **CO₂ in konzentrierter Form**. Damit wird also das gespeicherte CO₂ von bis zu 350 Millionen Jahren in die Erdatmosphäre abgegeben. Also auch jenes, das durch einen Meteoriteneinschlag entstand, dem unter anderem die Dinosaurier zum Opfer fielen.

In der **Industrie** ist Kohle besonders wichtig. Mit Kohle werden unter anderem in der Stahl-, Zement-, und Glasindustrie **Hochöfen** betrieben, um das Material zu schmelzen. Um hohe Temperaturen zu erzielen, ist der Einsatz von hochwertiger, also sehr alter Kohle nötig. Dabei werden pro Kilowattstunde je nach Kohleart bis zu 1,2 kg CO₂ verursacht.

Die benötigte Kohle wird importiert, aber auch hier im Tagebau gefördert. In Deutschland gibt es vor allem Braunkohlevorkommen, die am sogenannten „braunen Gürtel“ liegen. Die Abbaufelder werden immer wieder zu Lasten der Natur erweitert. Es müssen oft große Waldflächen weichen, die wiederum als Kohlenstoffsinken verloren gehen.

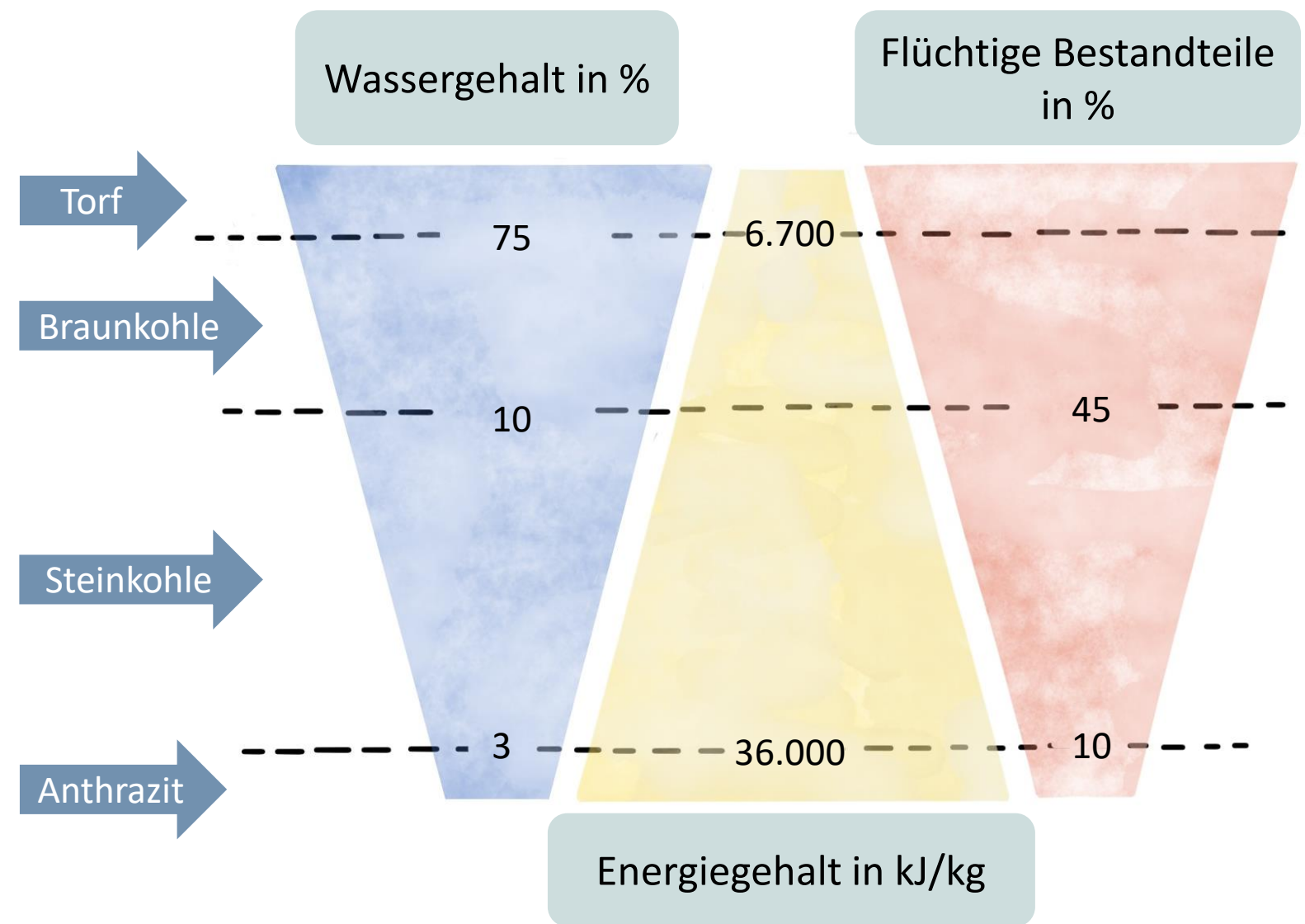


Abb. 8) Energetischer Nutzen fossiler Brennstoffe (verändert Holdinghausen 2015a)

Aufgabe 1

Sieh dir das Video zur Speicherung von Kohlenstoff an und mache dir dazu Notizen.



Speicherung von CO₂

Station 6: Fossile Energieträger: Kohle



Aufgabe 2

Stelle in eigenen Worten dar, warum die Speicherung von CO_2 zur Zeit noch nicht das Mittel sein kann, um die Emissionswerte zu senken. Beziehe dich dabei auf die Faktoren, die für dieses System von zentraler Bedeutung sind, aber auch warum es so wichtig ist eine Lösung für den Ausstoß von Treibhausgasen, beispielsweise durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, zu finden.

A large, empty rectangular area with a light green background, intended for the student to write their answer to the task.

Station 7: Erneuerbare Energien



Wir benötigen in unserem Alltag in verschiedenen Bereichen **Energie**. Ob zum Kochen, Heizen, für die Beleuchtung, Kommunikation oder auch für Mobilität: Energiedienstleistungen zählen zu unseren Grundbedürfnissen. Die Nutzung von erneuerbaren Energien hat in den letzten Jahren in Deutschland deutlich zugenommen. Im Jahr 2000 lag ihr Anteil bei rund 6 %, 2019 bereits bei 42 %. Im Jahr 2019 hat die Windenergie sogar die Braunkohle als wichtigsten Energieträger abgelöst. Weitere **erneuerbare Energieträger** für Strom und Wärme sind Biomasse, Photovoltaik, Wasserenergie, Solarthermie und Geothermie. Fossile Brennstoffe sind begrenzt und verursachen enorme Treibhausgasemissionen. Bis 2038 möchte Deutschland den Kohleausstieg schaffen. Um dem Klimawandel entgegenzutreten, ist es also notwendig vermehrt auf erneuerbare Energien zu setzen.

CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger

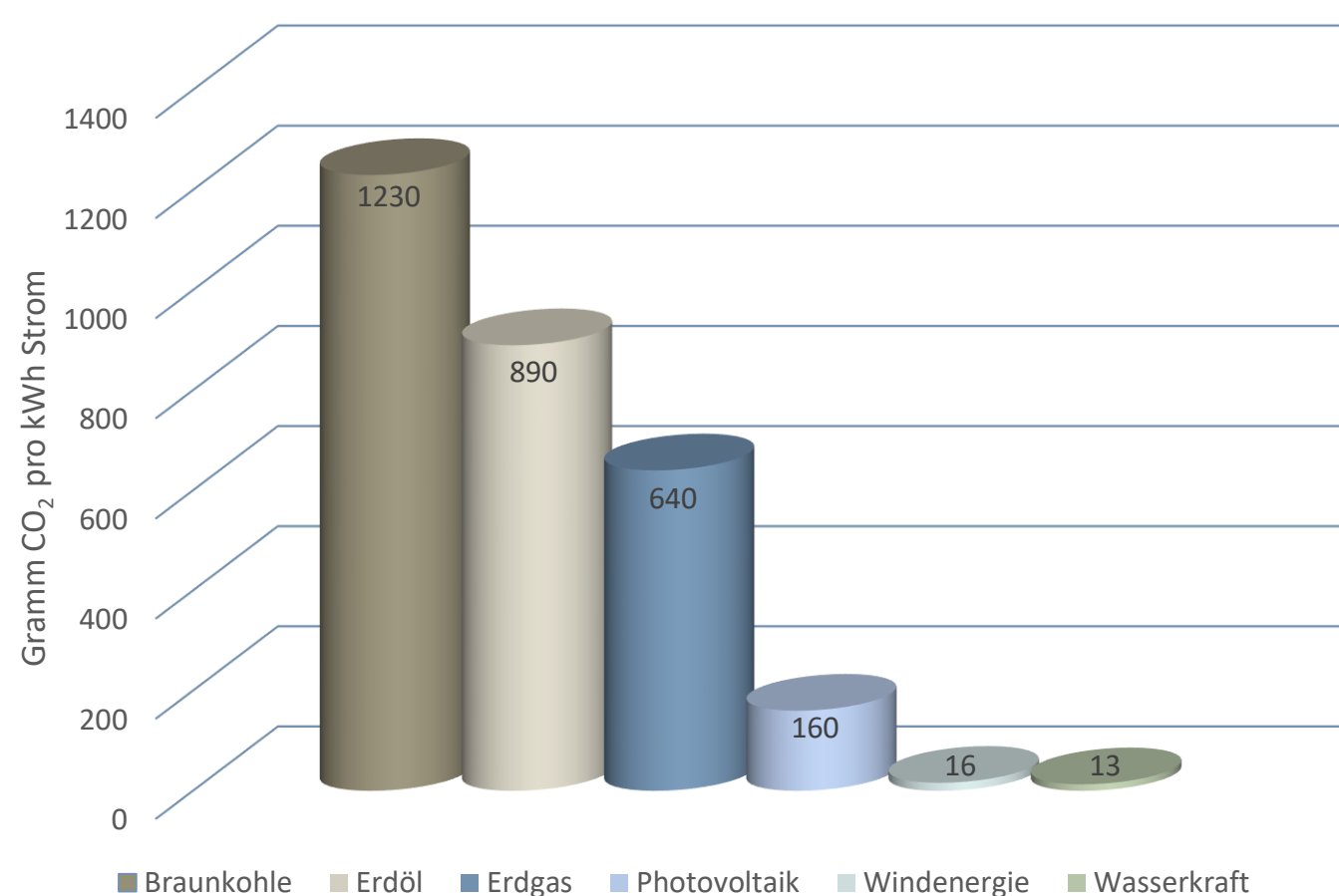
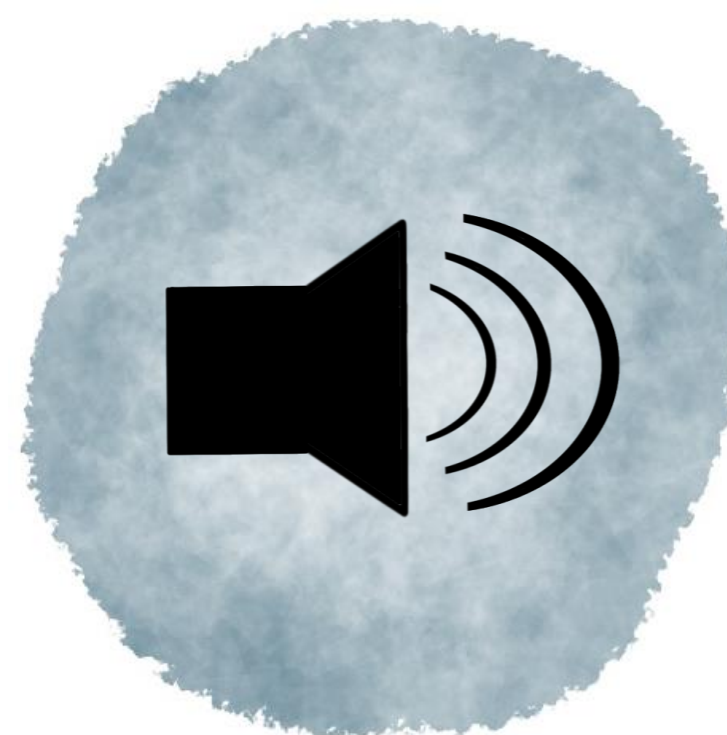


Abb. 9) Übersicht der CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger (verändert nach Lübbert 2007)

Aber auch bei der Nutzung von erneuerbaren Energien entstehen Treibhausgase. Wieso das so ist, erfährst du hier:



Quellen der Treibhausgase in der Windkraft

Aufgabe 1

Höre dir die Audiodatei zu den Quellen der Treibhausgase in der Windkraft an und mache dir dazu Notizen.

Station 7: Erneuerbare Energien



Aufgabe 2

Nehme Stellung zum Kohleausstieg bis 2038. Beziehe dich dabei auf die dir zur Verfügung stehenden Informationen zu erneuerbaren Energien.

A large, empty rectangular area with a light green background, intended for the student to write their response to the task.

Station 8: Mobilität



Im Verkehrssektor entstehen rund 30 % der jährlichen Emissionen. Deutsche Entscheidungsträger haben sich zum Ziel gesetzt, bis 2030 die Treibhausgas-Emissionen aus dem Verkehrssektor um mindestens 40 % im Vergleich zu 1990 zu senken. Um den Verbrauch von fossilen Brennstoffen im Straßenverkehr zu minimieren, wird auf Elektromobilität gesetzt. Bei der E-Mobilität lassen sich grundsätzlich zwei Arten unterscheiden: **hybride Antriebstechniken** und **reine Elektrofahrzeuge**. In den letzten Jahren hat sich die Reichweite von Elektrofahrzeugen durch effizientere Batterien verbessert, dennoch ist ihr flächendeckender Einsatz von einem engeren Netz an Ladesäulen abhängig. Im Durchschnitt kann man mit Elektroautos mehrere Hundert Kilometer zurücklegen.

Emissionen entstehen aber auch im Flug- und Schiffverkehr durch die Verbrennung von Kerosin und Schweröl. Im Flugverkehr lassen sich aber keine Batterien einsetzen, da dies das Gewicht der Maschine deutlich erhöhen würde. Hier könnten Wasserstoffbrennzellen zum Einsatz kommen, aber diese sind nicht einmal annähernd so effizient wie fossile Brennstoffe und stehen weiterhin in der Entwicklung.



Klimabilanz von Elektrofahrzeugen



Abb. 10) Elektrofahrzeug an Ladesäule (Gabriel 2021)

Verkehrsmittel	CO ₂ -Äquivalente in g/Pkm	Auslastung in %
Flugzeug (Inland)	214	70
Eisenbahn (Fernverkehr)	29	56
Linienbus (Fernverkehr)	29	55
Eisenbahn (Nahverkehr)	55	28
Linienbus (Nahverkehr)	80	19
Straßen-, Stadt- und U-Bahn	55	19

Tab. 5) Vergleich der Emissionen verschiedener Verkehrsmittel (verändert nach UBA 2020)

Aufgabe 1

Hör dir die Audiodatei zur Klimabilanz von Elektrofahrzeugen an und mache dir hierzu Notizen.

Station 8: Mobilität



Aufgabe 2

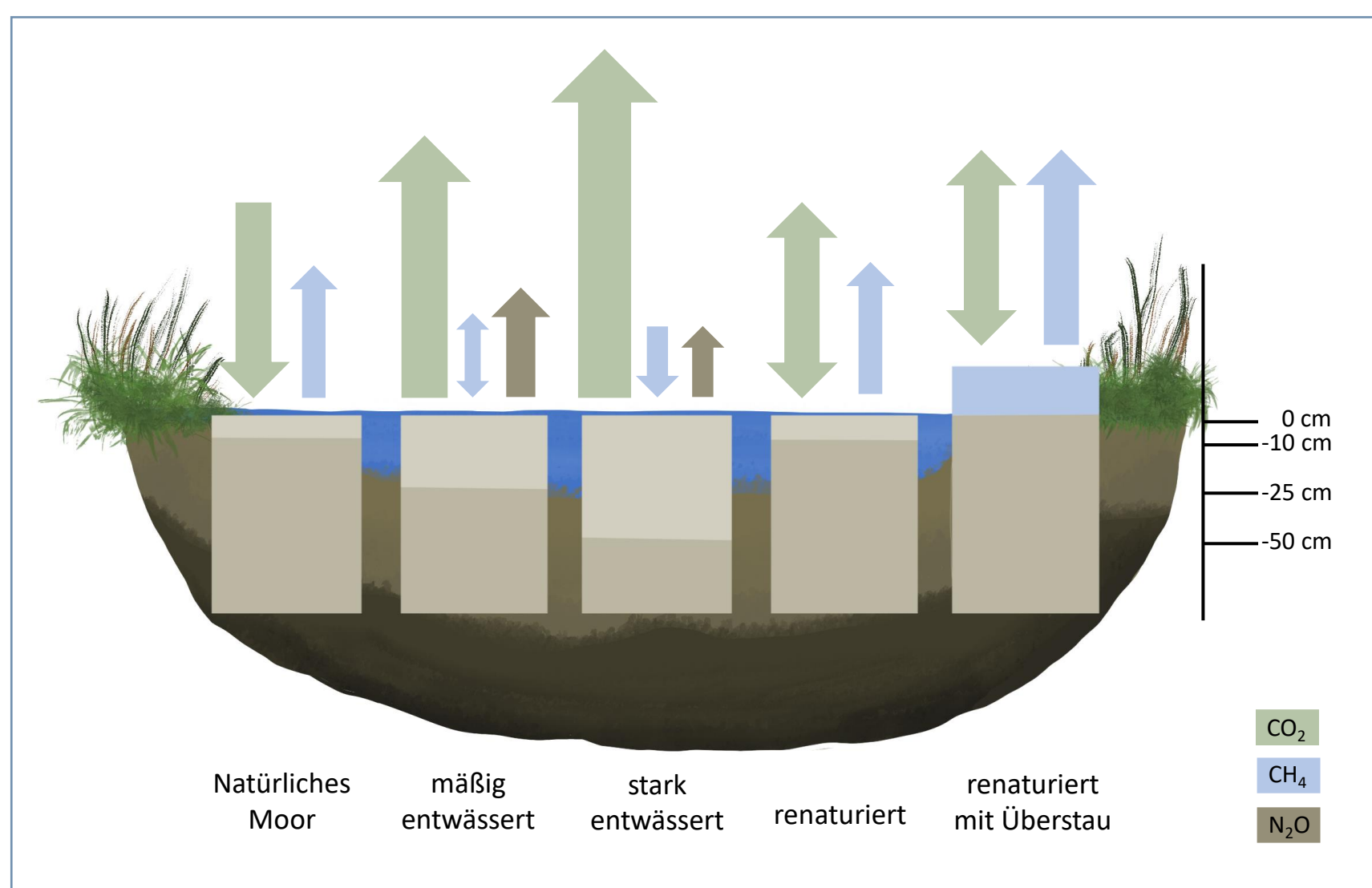
Betrachte die Tabelle unter Bezugnahme deiner Notizen zur Klimabilanz von PKWs. Interpretiere die vorliegenden Daten und erläutere, welche Art der Mobilität klimaverträglicher ist.

A large, empty rectangular area with a light green background, intended for the student to write their answer to the task.

Station 9: Nutzung von Mooren



Auch **natürliche Moore** gelten als Kohlenstoffsinken. Sie setzen zwar CH_4 frei, dennoch ist ihre Klimabilanz positiv. Sie sind besonders schützenswert, da sie sich nur über Tausende von Jahren entwickeln. Für Forst- und Landwirtschaft ist der Großteil der Moore in Deutschland bereits entwässert worden. Dadurch setzen sie CO_2 und N_2O frei und verlieren ihre Funktion als **Kohlenstoffsinke**. Allein dadurch entstehen rund 37 % der jährlichen Treibhausgas Emissionen in Forst und Landwirtschaft, aber auch in der Änderung der Landnutzung.



Entwässert man Moore, wird mehr CO_2 abgegeben als aufgenommen. Die durch **Entwässerung** freigelegte Menge an Torf wird mineralisiert, da er nun vermehrt Sauerstoff ausgesetzt ist. Zusätzlich kann der organische Stickstoff in den Torfschichten über Bakterien denitrifiziert werden: es kommt zur Emission von Lachgas (N_2O). **Renaturierte Moore** können mit den richtigen ökosystemtypischen Pflanzengesellschaften einen besseren Beitrag zum Klimaschutz leisten. Dieser Beitrag reicht annähernd an das Potenzial natürlicher Moore heran. Moore mit **Überstau** haben jedoch keine gute Klimabilanz, da die obere, mit dem Sauerstoff in Verbindung stehende, Torfschicht fehlt. In ihr befinden sich Bakterien, die CH_4 zu CO_2 aufoxidieren. Dadurch senken sie die Freisetzung von Methan in die Atmosphäre.

Abb. 11) Treibhausgasemission in Abhängigkeit zum Wasserstand in Mooren (verändert nach Drösler 2008, zit. n. Drösler 2009); Höhe des Wasserstandes in Zentimetern, entwässerte Höhe dargestellt im hellen Sandton, Überstau dargestellt in blau

Definition:

Denitrifikation ist die Reduktion von Nitrat (NO_3^-) bei Stickstoff N_2 unter anaeroben Bedingungen entsteht. Umwandlungsprozesse werden durch anaerobe Bakterien in Gang gesetzt, die anstatt Sauerstoff NO_3^- für ihren Stoffwechsel verwenden.

Aufgabe 1

Recherchiert in Partner- oder Gruppenarbeit, wie Moore durch den Menschen genutzt werden. Macht euch dazu auf der nächsten Seite Notizen.

Für eure Recherche stehen euch folgende Seiten zur Verfügung:



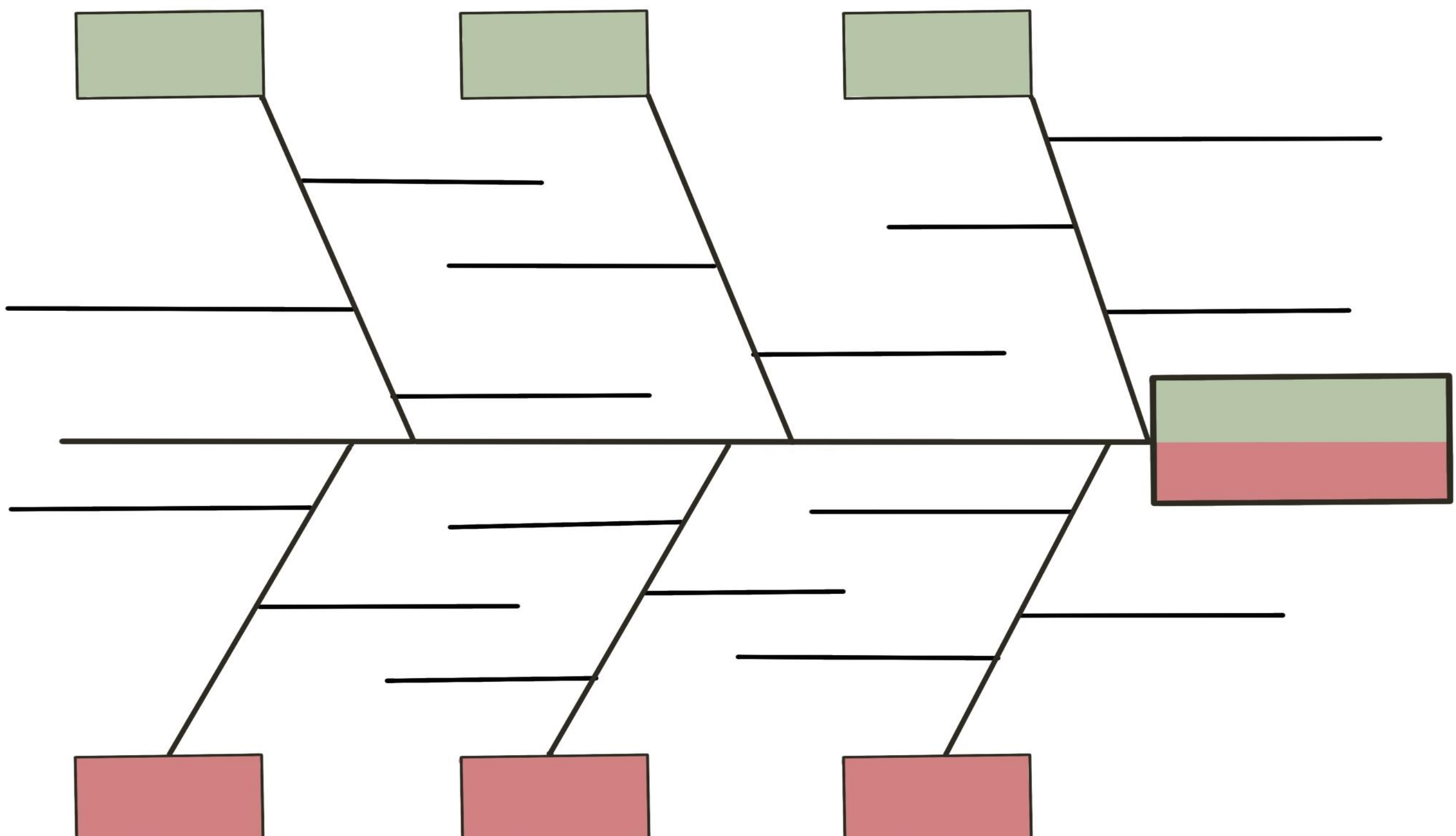
Station 9: Nutzung von Mooren



Platz für Notizen

Aufgabe 2

Vervollständigt das Fischgrätendiagramm zur Nutzung von Mooren und den damit verbundenen Folgen. Nutzt hierfür auch die Abbildung zu den Treibhausgasemissionen durch Moorböden.



Station 10: Kunststoffe



Kunststoff ist ein vielseitiger Werkstoff auf Erdölbasis. Das geförderte **Erdöl** wird zunächst aufbereitet und zu Kunststoff verarbeitet, welches dann wiederum für verschiedene Zwecke genutzt wird. Kunststoffe sind vielseitig und langlebig. Daher werden sie nicht nur als Verpackungsmaterial für Lebensmittel und Getränke genutzt, sondern finden auch im Bauwesen als Bodenbeläge, Rohre oder in Fenstern Verwendung. Ebenso werden Kunststoffkomponenten in der Autoindustrie und der Luft- und Raumfahrt verwendet, denn sie reduzieren das Gesamtgewicht des Fahr- oder Flugzeuges. Sogar in unserer Bekleidung werden Kunststoffe verarbeitet.

Die industrielle Herstellung und Verarbeitung sowie die Verwendung und anschließende Entsorgung von Kunststoffen sorgen jährlich weltweit für 1781 Millionen Tonnen CO₂. Da Kunststoffe mittlerweile in jedem Lebensbereich zu finden sind, beträgt die Menge an **Kunststoffmüll** zwischen 30 und 39 kg pro Person jährlich. Für die Entsorgung gibt es drei Wege: das **Recycling**, (Wiederverwenden von Material in Form von Recyclat), die **energetische Verwertung** (Verbrennung in Müllheizkraftwerken) und die **Deponie** (Lagerung). Die Möglichkeiten des Recyclings sind nicht auf jede Kunststoffart anwendbar und so bleibt für viele Kunststoffe nur der Weg zur Deponie.

Die Lagermöglichkeiten sind jedoch so begrenzt, dass die Entsorgung lange im Ausland erfolgte. Doch doch seit 2018 werden Importmengen reduziert, sodass man sich immer mehr darauf konzentrieren muss, den eigenen Müll im eigenen Land fachgerecht zu entsorgen. Eine weitere Möglichkeit der Entsorgung ist das „energetische Verwertung“ also die Verbrennung von Kunststoffen. Diese Art der Entsorgung setzt jedoch zusätzlich CO₂ frei, was dem Klima nur noch mehr schadet.

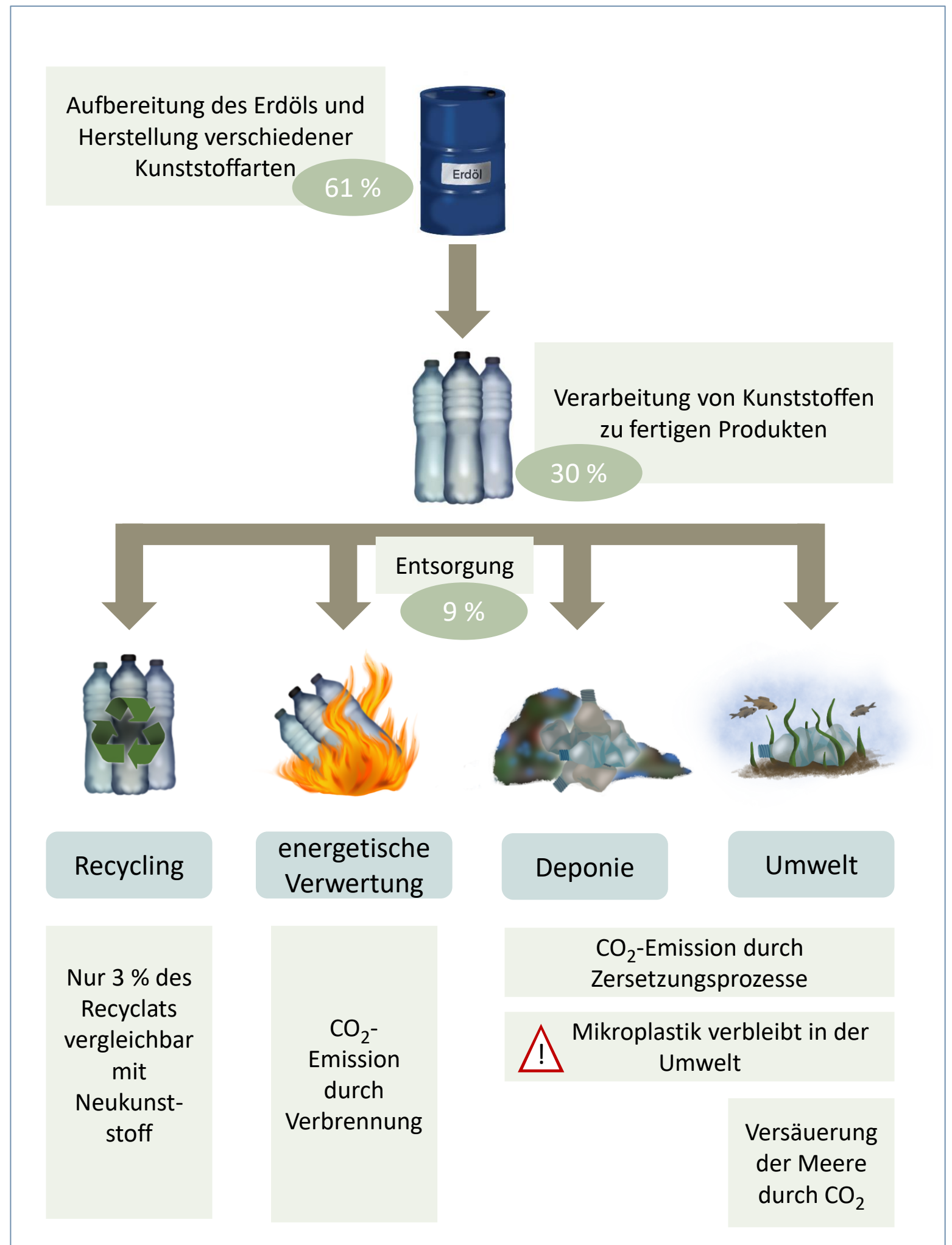


Abb. 12) CO₂-Ausstoß im Lebenszyklus von Kunststoffartikeln (Gabriel 2021) (Daten aus Feit & Muffet 2020)

Maßnahmen gegen die Plastikflut	
Ab:	Maßnahme
2021	Verbot von Plastikstrohhalm und Einwegbesteck auf Kunststoffbasis
2021	Export von Kunststoffabfall nur nach Zustimmung des Importlandes
2025	25% Recyclat in PET-Flaschen

Tab. 6) Maßnahmen zur Reduzierung der Plastikflut in der EU (verändert nach Mederake et al. 2020)

Der anfallende Kunststoffmüll landet jedoch nicht ausschließlich in Deponien oder Verwertungszentren sondern auch **in der Natur**. Vögel nutzen zum Teil Verpackungsmaterial für ihre Nester, mit der Konsequenz, dass sie sich an diesem Müll verletzen und sogar verenden können. Kunststoffe bauen sich nur langsam von alleine ab und können mehrere Jahrhunderte in der Umwelt verbleiben. Dadurch werden **Ökosysteme** stark geschädigt, denn die Zersetzung von Mikroplastik durch Verwitterung lässt eine Menge Mikroplastik entstehen, deren Inhaltsstoffe schädlich für Mensch und Umwelt sind. Außerdem wird über diese **Zersetzungsprozesse** weiterhin CO₂ emittiert, wodurch die Versäuerung von Meeren voranschreitet. Allein in der Ostsee stammt der Hauptanteil an Plastikmüll aus dem küstennahen Tourismus, an der Nordsee hingegen stammt dieser zu 40 % aus der Industrie und der Fischerei.

Station 10: Kunststoffe



Aufgabe 1

Bewertet die Maßnahmen zur Reduzierung der Plastikflut in Hinblick auf ihren Beitrag zur Senkung der CO₂-Emission. Begründet dies.

Quellenhinweise

Station 1) Konsum tierischer Lebensmittel

- Janson, M. (2020). Infografik: So klimaschädlich sind Rind, Geflügel und Schwein. [de.statista.com](https://de.statista.com/infografik/20578/treibhausgasemissionen-bei-der-konventionellen-fleischproduktion/) Download am 17. 04.2021 von <https://de.statista.com/infografik/20578/treibhausgasemissionen-bei-der-konventionellen-fleischproduktion/>
- Sharma, S. (2021). Klima. Der Fussabdruck der Tiere. *Fleischatlas. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel*. S. 22 - 23.
- UBA (2018). Umwelt und Landwirtschaft. Daten zur Umwelt. Ausgabe 2018, S. 15ff. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt
- UBA (2020). Von der Welt auf den Teller. Kurzstudie zur globalen Umweltinanspruchnahme unseres Lebensmittelkonsums. [Umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/uba_210121_kurzstudie_nahrung_barr.pdf) Download am 01.03.2021 von https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/uba_210121_kurzstudie_nahrung_barr.pdf
- Wentz, K. & Rehmer, C. (2021). Politik. Nächste Schritte. *Fleischatlas. Daten und Fakten über Tiere als Nahrungsmittel*. S. 46 - 47.

Station 2) Dünger in der Landwirtschaft

- BMEL (Hrsg. 2018a). Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands. Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. S. 7. Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft. [bmel.de](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Bodenzustandserhebung.html) Download am 18.04.2021 <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/Bodenzustandserhebung.html>
- BMU (2018). Klimaschutz in Zahlen. Fakten Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Ausgabe 2018. [bmu.de](https://www.bmu.de/publikation/klimaschutz-in-zahlen-2018) Download am 20.04.2021 von <https://www.bmu.de/publikation/klimaschutz-in-zahlen-2018>
- Goedecke, M. (2008). *Klimawandel und Landwirtschaft. Eine umweltökonomische Analyse*. Hamburg: Diplomica Verlag.
- Reece, J., Urry, L., Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P., & Jackson, R. (2016). *Campbell Biologie.10., aktualisierte Auflage*. S. 1053. Hallbergmoos: Pearson Deutschland.
- UBA (2018). Umwelt und Landwirtschaft. Daten zur Umwelt. Ausgabe 2018, S. 15ff. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt

Station 3) Bodenverdichtung

- BMEL (Hrsg. 2018b). Waldböden in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung. [Bmel.de](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/WaldboedenBodenzustandserhebung.pdf) Download am 12.03.2021 von <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/WaldboedenBodenzustandserhebung.pdf>;jsessionid=A27A693FA4027F2F7A44703DBF8BAD4C4.live851?__blob=publicationFile&v=4
- Reece, J., Urry, L., Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P., & Jackson, R. (2016). *Campbell Biologie.10., aktualisierte Auflage*. S. 1054. Hallbergmoos: Pearson Deutschland.
- UBA (2019). Verdichtung. [umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung) [online] Download am 20.04.2021 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung>
- van der Ploeg, R. R., Ehlers, W. & Horn, R. (2006). Bodenforschung. Schwerlast auf dem Acker. *Spektrum der Wissenschaft*. Ausgabe August 2006 S. 80-88

Station 4) Waldschäden & Forstwirtschaft

- BMEL (Hrsg. 2018b). Waldböden in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der zweiten Bodenzustandserhebung. S. 4ff. Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft
- BMEL (Hrsg. 2019). Deutschlands Wald im Klimawandel. Eckpunkte und Maßnahmen. [bmel.de](https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldgipfel-2019-diskussionspapier.pdf) [online] Download am 02.06.2021 von <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/waldgipfel-2019-diskussionspapier.pdf>;jsessionid=B1C993FEC362AA4BD947BD8670AC5FA4.live921?__blob=publicationFile&v=6
- FNR (2021). Infografik Ökosystemleistungen. [fnr.de](https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/forstwirtschaft/infografik-oekosystemleistungen.html) [online] Download am 01.06.2021 von <https://mediathek.fnr.de/grafiken/daten-und-fakten/forstwirtschaft/infografik-oekosystemleistungen.html>
- Manderbach, R. (2021). Fichtenforst. [deutschlands-natur.de](https://www.deutschlands-natur.de/lebensraeume/waelder/fichtenforst/) [online] Download am 22.04.2021 von <https://www.deutschlands-natur.de/lebensraeume/waelder/fichtenforst/>

Station 5) Klimaschäden durch Palmöl

- Noleppa, S. & Carlsburg, M. (2016). Auf der Ölspur – Berechnungen zu einer palmölfreien Welt. S. 6f & 9ff. Düsseldorf: Druckstudio GmbH

Station 6) Fossile Energieträger: Kohle

- Holdingshausen, H. (2015a). Geologie und Geografie. Unterirdische Wälder. *Kohleatlas. Daten und Fakten über einen globalen Brennstoff*. S. 10-11
- Holdingshausen, H. (2015b). Steinkohle. Vom Anbeginn der Industrie. *Kohleatlas. Daten und Fakten über einen globalen Brennstoff*. S. 12-13
- Holdingshausen, H. (2015c). Braunkohle. Rohstoff der Superlative. *Kohleatlas. Daten und Fakten über einen globalen Brennstoff*. S. 14-15
- Lübbert, D. (2007). CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergie und erneuerbaren Energien [bundestag.de](https://www.bundestag.de/resource/blob/504060/d408ca51555a813c5b3a750c4c0c1fa1/co2-bilanzen-verschiedener-energietraeger-im-vergleich-data.pdf) [online] Download am 12.04.2021 von <https://www.bundestag.de/resource/blob/504060/d408ca51555a813c5b3a750c4c0c1fa1/co2-bilanzen-verschiedener-energietraeger-im-vergleich-data.pdf>

Video:

- EnergyWatch (2017). Carbon Capture, Utilization & Storage: Pipe Dream or Potential Solution? [energywatch-inc.com](https://energywatch-inc.com/carbon-capture-utilization-storage-pipe-dream-potential-solution/) [online] Download am 15.6.2021 von <https://energywatch-inc.com/carbon-capture-utilization-storage-pipe-dream-potential-solution/>
- Markewitz, P., Zhao, L. Robinius, M. (2017). Technologiebericht 2.3 CO₂-Abscheidung und –speicherung (CCS) innerhalb des Forschungsprojekts TF_Energiewende [wupperinst.org](https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7051/file/7051_CCS.pdf) [online] Download am 14.04.2021 von https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/7051/file/7051_CCS.pdf
- UBA (2021). Carbon Capture and Storage. [Umweltbundesamt.de](https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage) [online] Download am 10.05.2020 von <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/gewaesser/grundwasser/nutzung-belastungen/carbon-capture-storage>

Station 7) Erneuerbare Energien

- BMU (2020). Fragen und Antworten zum Kohleausstieg in Deutschland. [bmu.de](https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/fragen-und-antworten-zum-kohleausstieg-in-deutschland/) [online] Download am 14.05.2021 von <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/fragen-und-antworten-zum-kohleausstieg-in-deutschland/>
- BMWi (2020). Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2019 [erneuerbare-energien.de](https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erneuerbare-energien-in-zahlen-2019.pdf) [online] Download am 05.05.2021 von <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/Berichte/erneuerbare-energien-in-zahlen-2019.pdf>;jsessionid=966C24B2AA678142D6A441B38FF5DBCC?__blob=publicationFile&v=2
- Lübbert, D. (2007). CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergie und erneuerbaren Energien [bundestag.de](https://www.bundestag.de/resource/blob/504060/d408ca51555a813c5b3a750c4c0c1fa1/co2-bilanzen-verschiedener-energietraeger-im-vergleich-data.pdf) [online] Download am 12.04.2021 von <https://www.bundestag.de/resource/blob/504060/d408ca51555a813c5b3a750c4c0c1fa1/co2-bilanzen-verschiedener-energietraeger-im-vergleich-data.pdf>

Audio:

- Lübbert, D. (2007). CO₂-Bilanzen verschiedener Energieträger im Vergleich. Zur Klimafreundlichkeit von fossilen Energien, Kernenergie und erneuerbaren Energien [bundestag.de](https://www.bundestag.de/resource/blob/504060/d408ca51555a813c5b3a750c4c0c1fa1/co2-bilanzen-verschiedener-energietraeger-im-vergleich-data.pdf) [online] Download am 12.04.2021 <https://www.bundestag.de/resource/blob/504060/d408ca51555a813c5b3a750c4c0c1fa1/co2-bilanzen-verschiedener-energietraeger-im-vergleich-data.pdf>

Station 8) Mobilität

Groll, S. & Wörten, C. (2020). Antriebe. Strom im Tank. *Mobilitätsatlas. Daten und Fakten für die Verkehrswende*. 2. Auflage. S. 18-19.

Kefferpütz, R. (2020). Autoindustrie. Umbau einer Schlüsselbranche. *Mobilitätsatlas. Daten und Fakten für die Verkehrswende*. 2. Auflage. S. 16-17.

UBA (2020). Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr. Bezugsjahr 2019. Umweltbundesamt.de Download am 17.04.2021 von <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>

Audio:

Groll, S. & Wörten, C. (2020). Antriebe. Strom im Tank. *Mobilitätsatlas. Daten und Fakten für die Verkehrswende*. 2. Auflage. S. 18-19.

Kefferpütz, R. (2020). Autoindustrie. Umbau einer Schlüsselbranche. *Mobilitätsatlas. Daten und Fakten für die Verkehrswende*. 2. Auflage. S. 16-17.

Station 9) Nutzung von Mooren

BMEL (Hrsg. 2018a). Humus in landwirtschaftlich genutzten Böden Deutschlands. Ausgewählte Ergebnisse der Bodenzustandserhebung. S. 37ff. Bonn: Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Dierssen, K. & Dierssen, B. (2001). *Moore*. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.

Drösler, M. (2009). Was haben Moore mit dem Klima zu tun? *Laufner Spezialbeiträge 2/09* S.60-69

Hoymann, J., Baum, S., Elasser, P., Dechow, R., Gutsch, M., & Fick, J. (2021). Ist-Situation der Landnutzung in Deutschland. In H. Gömann, & J. Fick, *Wechselwirkungen zwischen Landnutzung und Klimawandel* (S. 21-70). Wiesbaden: Springer Spektrum.

Reece, J., Urry, L., Cain, M., Wasserman, S., Minorsky, P., & Jackson, R. (2016). *Campbell Biologie.10., aktualisierte Auflage*. S. 1641. Hallbergmoos: Pearson Deutschland.

Station 10) Kunststoffe

Duran, C. (2020). Wegwerfgesellschaft. Müll für die Welt. *Plastikatlas 2019. Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff*. 5. Auflage. S. 12-13

Feit, S. & Muffet, C. (2020). Klimawandel. Plastik heizt das Klima an. *Plastikatlas 2019. Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff*. 5. Auflage. S. 26-27

König, W.(2019). Geschichte der Wegwerfgesellschaft. Die Kehrseite des Konsums. S. 31 Stuttgart: Franz Steiner Verlag

Martens, H. & Goldmann, D. (2016). Recyclingtechnik. Fachbuch für Lehre und Praxis. 2. Auflage S. 280ff, S. 502ff. Wiesbaden: Springer Vieweg Verlag

Mederake, L., Gürtler, S., Knoblauch, D. (2020). Regulierung. Lösungen am falschen Ende. *Plastikatlas 2019. Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff*. 5. Auflage. S. 42-43

Zierbarth, N. & Seeger, D. (2020). Plastik im Wasser. Kunststoff kennt keine Grenzen. *Plastikatlas 2019. Daten und Fakten über eine Welt voller Kunststoff*. 5. Auflage. S. 28-29

Deckblattgrafik: Gabriel, N. (2021)

