

Vorwort

Liebe Pädagog:innen!

Die Bewältigung der Klimakrise ist eine der dringlichsten Aufgaben unserer Zeit.

Das Wissen um die Ursachen und Folgen des Klimawandels ist dank weltweiter intensiver Klimaforschung und Zusammenarbeit sehr umfassend.

Das Wissen um die Notwendigkeit, das Klima zu schützen, zeigt sich unter anderem im Weltklimaabkommen von Paris.

Nun heißt es auch handeln. Das gemeinsame Ziel der weltweiten Klimaschutz-Bemühungen ist es, die Erhöhung der globalen Mitteltemperatur auf unter 2 °C, nach Möglichkeit auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu beschränken. Die Staaten dieser Welt haben sich verpflichtet, Maßnahmen im Sinne dieses Zieles zu setzen. Aber auch wir persönlich haben die Möglichkeit, unseren Beitrag zu leisten – durch einen klimafreundlichen Lebensstil, durch Wissen, das wir teilen, durch genaues Hinsehen, Hinterfragen und durch zivilgesellschaftliches Engagement.

Nach dem Motto "Vom Wissen zum Handeln" möchten wir Pädagog:innen mit den vorliegenden Materialien Impulse geben, dieses brisante Thema im Unterricht vielschichtig und fächerübergreifend zu diskutieren und gemeinsam mit den Schüler:innen Wissen zu vertiefen und Handlungsspielräume zu erweitern.

Neben den kompakten Hintergrundinformationen finden sich Ideen für Aktivitäten sowie Arbeits- und Leseblätter als Kopiervorlage für Schüler:innen. Gerne können die Hintergrundinformationen für Pädagog:innen auch als Kopiervorlage für die Schüler:innen genutzt werden.

Die erstmals 2019 aufgelegten Unterrichtsmaterialien wurden für die vorliegende Ausgabe aktualisiert.

Diese Materialien sowie weitere Informationen finden Sie auch unter

www.klimabuendnis.at/oesterreich/materialien/klimafakten-klimawandel/

Wir wünschen viel Erfolg und Freude mit dieser Broschüre!

Die Unterrichtsmaterialien wurden von Klimabündnis Österreich erstellt; gefördert vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) / Abteilung Allgemeine Klimapolitik.

Inhalt

Vorwort	3
1 Das Klima der Erde	6
Mensch und Klimageschichte	6
Wetter ist nicht gleich Klima	6
Energiebilanz und Klima der Erde	8
Der natürliche Treibhauseffekt	9
Der Kohlenstoffkreislauf und die Biosphäre	10
Rückkopplungseffekte im Klimasystem	11
Kippelemente im Klimasystem	12
Aktivitäten	14
Arbeitsblatt	17
Leseblatt	18
2 Ursachen für die Klimakrise	20
Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre	20
CO ₂ und weitere Treibhausgase	21
Der menschengemachte Treibhauseffekt	22
Menschliche Einflüsse auf den globalen Kohlenstoff-Kreislauf	23
Anstieg der CO ₂ -Emissionen	23
Entwaldung	23
Quellen der Treibhausgase in Österreich	25
Aktivitäten	26
Arbeitsblatt	29
3 Auswirkungen des Klimawandels	30
Das Polareis schmilzt	30
Veränderung der ozeanischen Zirkulation	31
Auswirkungen auf Ökosysteme	32
Der Meeresspiegel steigt	32
Gletscher schwinden	32
Auftauen von Permafrostböden	33

Extremereignisse: Hitzewellen, Dürren, Überflutungen, Stürme	34
Auswirkungen auf Ökosysteme und Artenvielfalt	35
Versauerung der Ozeane	37
Gesundheitliche Auswirkungen	38
Landwirtschaft und Ernährungssicherheit	38
Flucht und Klimawandel	39
Auswirkungen des Klimawandels in Österreich	39
Aktivitäten	41
Leseblatt	45
4 Internationale Zusammenarbeit	46
Klimaabkommen von Paris	46
IPCC - Weltklimarat	47
Wie viel CO ₂ dürfen wir noch ausstoßen?	49
Wie können die Klimaziele von Paris erreicht werden?	50
Anpassung an den Klimawandel	52
Die Bedeutung der Klimaziele für Österreich	53
Aktivitäten	57
Arbeitsblatt	61
5 Klimafreundliches Handeln	64
"Als Einzelperson kann man doch sowieso nichts bewirken!"	64
Konsum	64
Ernährung	66
Energie	67
Mobilität	68
Aktivitäten	70
Lösungsblatt	74
Quellenangaben	76 80 81
Abbildungsverzeichnis	
Fotonachweise	
Impressum	82

1 Das Klima der Erde

Mensch und Klimageschichte

Als Teil der Natur sind wir Menschen seit eh und je durch das Klima auf unserer Erde geprägt. Änderungen des Klimas haben großen Einfluss auf die Entwicklungsgeschichte des Menschen – und selbstverständlich auf die gesamte belebte Natur. Veränderungen des Klimas hat es aufgrund verschiedener Faktoren (wie Sonnenaktivitäten, Vulkanausbrüche oder die Zusammensetzung der Atmosphäre) schon immer gegeben. Schwankungen von einigen Grad Celsius in der globalen Mitteltemperatur wirken sich allerdings gravierend auf die Biosphäre aus.

Menschliche Aktivitäten haben eindeutig die globale Erwärmung verursacht, vor allem durch die Emission von Treibhausgasen.

IPCC Synthesebericht, 2023

Am Ende der letzten Eiszeit kam es über eine Zeitspanne von etwa 5.000 Jahren zu einem globalen Mitteltemperaturanstieg von ca. 5 °C. Heute besteht die Gefahr, dass die Menschheit durch die exzessive Förderung und Verbrennung fossiler Energieträger nun den gleichen Temperaturanstieg innerhalb von 100 bis 200 Jahren bewirkt.

Die globalen anthropogenen Netto-Treibhausgasemissionen waren im Jahrzehnt 2010-2019 höher als je zuvor in der Geschichte der Menschheit.

IPCC Climate Change, 2022

Während der letzten 12.000 Jahre war das Klima relativ stabil. Die vergleichsweise konstanten Klimaverhältnisse haben dazu beigetragen, dass sich die modernen Zivilisationen entwickeln konnten. "Ganz neu" in der Klimageschichte ist, dass der Mensch durch seine Aktivitäten – die Nutzung fossiler Brennstoffe und veränderte Landnutzung – maßgeblich in das Klimasystem der Erde eingreift.

Seit Beginn der Industrialisierung hat sich die globale Mitteltemperatur um ca. 1,1 °C erhöht. Um weitreichende irreversible Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden, müssen wir den globalen Temperaturanstieg auf deutlich unter 2 °C, nach Möglichkeit auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzen. Dies ist auch Ziel des Weltklimaabkommens von Paris.

Wetter ist nicht gleich Klima

Eine Erwärmung des globalen Klimas um 1,5 °C bzw. 2 °C, die wir nach Empfehlung des Weltklimarates keinesfalls überschreiten sollten, scheint nicht viel zu sein – verglichen mit den Temperaturschwankungen, die wir im alltäglichen Wettergeschehen erfahren. Wenn sich das Wetter ändert und die Temperatur von einem auf den anderen Tag um einige Grade steigt oder fällt, bedeutet das allerdings etwas völlig anderes als die globale Erwärmung oder Abkühlung des globalen Klimas um diesen Betrag im Jahresmittel.





Abbildung 1: Wetter ist nicht gleich Klima



Abbildung 2: "Ein paar Grad mehr oder weniger" machen einen großen Unterschied

Würde sich das Klima abkühlen und die globale Mitteltemperatur um 5° C sinken, fänden wir uns in einem Klima wieder, wie es in der letzten Eiszeit geherrscht hat, als Nordeuropa und Nordamerika mit dicken Eispanzern bedeckt waren.

Linktipp: www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel

Worin liegt nun der Unterschied zwischen Wetter und Klima?

Das Wetter beschreibt kurzzeitige Erscheinungen in unserer Atmosphäre an einem bestimmten Ort. Es kann von Tag zu Tag und sogar von Stunde zu Stunde verschieden sein. Es ist durch Komponenten wie Temperatur, Wind, Luftdruck, Bewölkung und Niederschlag gekennzeichnet. Das Wetter können wir unmittelbar erleben.

Das Klima ist hingegen die statistische Zustandsbeschreibung des Wetters über einen längeren Zeitraum. Die Weltorganisation für Meteorologie (WMO) empfiehlt einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren, aber auch längere Zeiträume von Jahrhunderten und Jahrtausenden bis hin zu erdgeschichtlichen Zeitskalen sind gebräuchlich. Das Klima beschreibt den Durchschnitt, aber auch Extremwerte und Schwankungen aller Wettererscheinungen an einem Ort oder in einer Region.

Das Klimasystem setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen: Atmosphäre (Gashülle oberhalb der Erdoberfläche), Hydrosphäre (alle Wasservorkommen der Erde, unabhängig vom Aggregatzustand), Kryosphäre (gefrorene Teile der Hydrosphäre, wie Schnee, Meereis, Gletscher, Eisschilde und Permafrost), Lithosphäre (Erdkruste und der oberste Teil des Erdmantels) und Biosphäre (alle Lebewesen der Erde). Zwischen diesen Komponenten besteht ein ständiger Austausch von Energie und Masse (Strahlung, Niederschlag, Verdunstung, Wind, chemische Umwandlungen etc.).

Verändern sich die Wetterbedingungen langfristig in einer Region, so spricht man von einer Klimaänderung.

Der Klimawandel hat alle Komponenten des Klimasystems erfasst.

IPCC Synthesebericht, 2014

Energiebilanz und Klima der Erde

Das Klima ist im globalen Mittel das Ergebnis einer einfachen Energiebilanz. Es weist zwar natürliche Schwankungen auf, zu grundlegenden Änderungen kommt es allerdings nur durch äußere Einflüsse. Bildlich lässt sich das mit einem Wassertopf auf einer Herdplatte mit veränderter Wärmezufuhr vergleichen. Wenn der Energiehaushalt der Erde verändert wird und die Erdatmosphäre Wärme dazugewinnt oder verliert, also ein "Energieungleichgewicht" herrscht, ändert sich auch die globale Mitteltemperatur.

Klimaänderungen sind also die Folge von Änderungen in der globalen Energiebilanz. Dafür gibt es grundsätzlich drei Möglichkeiten (Rahmstorf, Schellnhuber 2018):

- 1. Die ankommende Sonneneinstrahlung kann variieren
 - durch Änderungen in der Umlaufbahn der Erde um die Sonne
 - durch eine von der Sonne direkt verursachte Variation der Strahlungsintensität. Erhöht sich die Sonnenaktivität, erhält die Erde mehr Energie und erwärmt sich.
- 2. Die Albedo (Anteil an reflektierter Strahlung) kann sich verändern
 - Der reflektierte Teil der Sonneneinstrahlung ändert sich abhängig von Wolkendichte und Helligkeit der Erdoberfläche, also von Eisbedeckung, Landnutzung und Verteilung der Kontinente. Ein größerer Anteil an Eis- und Schneeflächen führt zu erhöhter Reflexion der einfallenden Strahlung zurück ins Weltall und damit zu einer Abkühlung (Eis-Albedo).
- 3. Der Gehalt der Atmosphäre an Treibhausgasen und Aerosolen kann variieren
 - Aerosole (Partikel in der Luft) können beispielsweise durch Vulkanausbrüche oder industrielle Luftverschmutzung in die Atmosphäre gelangen, wo sie Sonnenstrahlen reflektieren, was zu einer Abkühlung führt. Im Gegensatz dazu bewirken Treibhausgase
 in der Atmosphäre einen erwärmenden Effekt, da die Erde weniger Energie ins Weltall
 abstrahlt.

Durch menschliche Aktivitäten werden die oben beschriebenen Punkte 2 und 3 beeinflusst. Seit Beginn der Industrialisierung greift der Mensch vor allem durch die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas und den damit einhergehenden Treibhausgasemissionen maßgeblich in die Energiebilanz und folglich in das Klimasystem der Erde ein. Wie die Abbildung 3 zeigt, ist der natürliche Anteil an der Veränderung des Strahlungshaushalts der Erde – und damit an der globalen Erwärmung – gegenüber dem menschlichen Einfluss verschwindend gering.

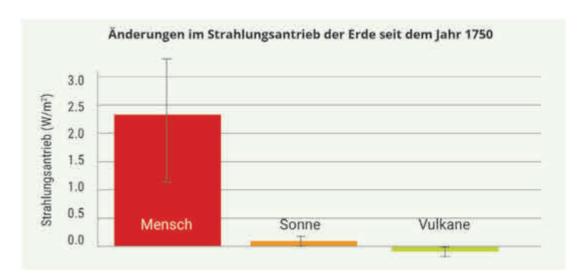


Abbildung 3: Änderungen im Strahlungsantrieb der Erde seit dem Jahr 1750 (in W/m²)

Der natürliche Treibhauseffekt

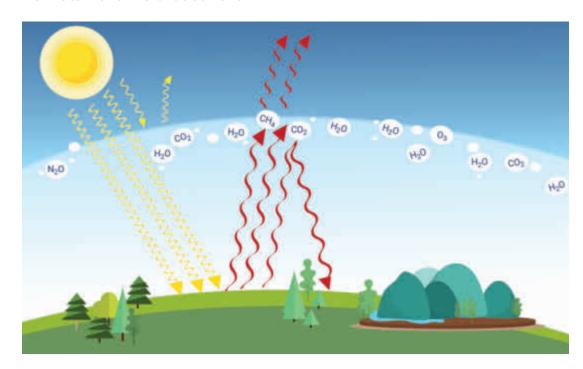
Der natürlich bedingte Treibhauseffekt ist entscheidend für die lebensfreundlichen klimatischen Bedingungen auf unserem Planeten. Ohne diesen Effekt hätte es auf der Erde trotz Sonneneinstrahlung eisige -18 °C. Der Treibhauseffekt ist auf die in der Atmosphäre befindlichen Treibhausgase zurückzuführen. Sie haben die Eigenschaft, kurzwellige Strahlung ungehindert durchzulassen und langwellige Strahlung zu absorbieren und wieder in alle Richtungen abzugeben. Die Luft (Gasgemisch der Erdatmosphäre) besteht hauptsächlich aus Stickstoff (N₂) und Sauerstoff (O₂). Die natürlich in der Atmosphäre vorkommenden Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂), Ozon (O₃), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) machen insgesamt nur 0,04 Prozent aus. Der Anteil von Wasserdampf (H₂O) liegt bei etwa 0,25 Prozent. Auch wenn der Anteil der Treibhausgase an der Luft der Erdatmosphäre sehr gering ist, so haben sie aufgrund ihres Vermögens Wärmestrahlung aufzunehmen einen bedeutenden Einfluss auf das Klima.

Was macht ein Gas zu einem Treibhausgas?

Eine Voraussetzung für die Treibhauswirksamkeit eines Gases ist das Dipolmoment eines Moleküls, wie das auch bei CO_2 der Fall ist. Wird das – in diesem Fall dreiatomige – Molekül von Infrarotstrahlung (also elektromagnetischer Energie) getroffen, kommt es zu einer Streck- und Deformationsschwingung. Auf diese Weise kann es der eintreffenden Strahlung Energie entziehen, in Schwingung zwischenspeichern – und schließlich wieder abgeben. Die zweiatomigen Moleküle Stickstoff (N_2) und Sauerstoff (N_2) haben kein Dipolmoment und sind somit auch nicht treibhauswirksam.

Der natürliche Treibhauseffekt

Abbildung 4: Der natürliche Treibhauseffekt (vereinfachte Darstellung)



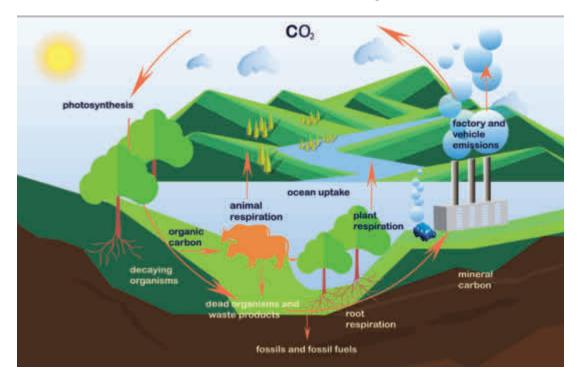
Kurzwellige Sonnenstrahlen durchdringen die Erdatmosphäre und treffen auf der Erdoberfläche auf. Diese Strahlen werden von der Erde absorbiert und als langwellige Wärmestrahlung wieder abgegeben. Die in der Atmosphäre befindlichen Treibhausgase verhindern den direkten Austritt der Wärmestrahlung aus der Atmosphäre. Sie nehmen einen Teil der Strahlung auf und geben ihn wieder in alle Richtungen ab, auch in Richtung der Erdoberfläche. Dadurch werden die darunter liegenden Luftschichten und der Erdboden nochmals erwärmt.



Literaturtipp: Nelles D., Serrer C. (2018): Kleine Gase – Große Wirkung. Der Klimawandel.

Der Kohlenstoffkreislauf und die Biosphäre

Abbildung 5: Der Kohlenstoffkreislauf (vereinfachte Darstellung)



Für das Klima der Erde ist die Biosphäre im Kohlenstoffkreislauf sehr bedeutend. Durch Photosynthese entziehen Pflanzen der Atmosphäre und dem Meer Kohlendioxid (CO₂) und wandeln dieses mit Hilfe von Sonnenlicht in organischen Kohlenstoff um. Dabei wird als Nebenprodukt Sauerstoff (O₂) frei. Wenn Biomasse wie z.B. Holz verbrennt oder verrottet, wird das Kohlendioxid (CO₂) wieder freigesetzt.

In den fossilen Energieträgern Erdöl, Kohle und Erdgas wurde Kohlenstoff vor Jahrmillionen gebunden. Durch die exzessive Verbrennung dieser Energieträger gelangt nun innerhalb kurzer Zeit viel mehr Kohlendioxid in die Luft als von den Pflanzen wieder gebunden werden kann. Als Folge steigt die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und die Meere werden durch vermehrte CO₂-Aufnahme saurer (siehe Kapitel 3, Auswirkungen des Klimawandels).

Rückkopplungseffekte im Klimasystem

Rückkopplungen können im Klimasystem von großer Bedeutung für Klimaschwankungen und -änderungen sein. Generell versteht man unter Rückkopplungen Vorgänge, durch welche sich ursprüngliche Effekte entweder selbst verstärken oder abschwächen.

Die Eis-Albedo-Rückkopplung

Die Eis-Albedo-Rückkopplung ist ein wichtiges Beispiel für eine sich selbst verstärkende Rückkopplung im Klimasystem. Sie beruht auf der unterschiedlichen Reflexion der eingestrahlten Sonnenenergie durch verschiedene Oberflächen. Flächen, die mit Eis und Schnee bedeckt sind, reflektieren einen großen Anteil der einfallenden Strahlung zurück ins All. Der Anteil der reflektierten Strahlung wird als Albedo bezeichnet. Erhöht sich nun die globale Mitteltemperatur, dann schmelzen Eis- und Schneeflächen. Die darunter liegenden, in der Regel dunkleren Flächen, welche mehr Wärme absorbieren, werden freigelegt. Verringert sich der Anteil an den hellen Eis- und Schneeflächen, wird somit auch die Rückstrahlung ins All verringert. Dadurch nimmt die Erwärmung der Erde weiter zu, was wiederum zum Schmelzen weiterer Eis- und Schneeflächen führt.

Seit 2,6 Mio Jahren herrscht auf der Erde ein Eiszeitalter (nicht zu verwechseln mit Eiszeit). Charakteristisch für dieses Zeitalter ist, dass beide Pole vereist und mindestens 10 Prozent der Erde ständig mit gefrorenem Wasser bedeckt sind. Verglichen mit anderen erdgeschichtlichen Epochen befindet sich das Klima während eines Eiszeitalters aufgrund der Eis-Albedo-Rückkopplung in einem wenig stabilen Zustand.



Albedo-Vegetation-Rückkopplung

Die verstärkende, positive Albedo-Vegetation-Rückkopplung ist ein weiterer wichtiger Rückkopplungsprozess: "Im Mittel ist die Albedo von pflanzenbedeckten Gebieten niedriger als von freien Flächen, so haben beispielsweise Wälder eine Albedo von 5-18 Prozent, unbestellte Felder etwa 26 Prozent, Wüstengebiet etwa 30 Prozent und Savannen etwa 25 Prozent. Verdichtet oder dehnt sich die Vegetation in einem Gebiet aus, so erniedrigt sich in der Regel die Albedo, mehr Sonnenstrahlung wird vom Boden aufgenommen, in Wärmestrahlung umgewandelt und das weitere Pflanzenwachstum gefördert." (ZAMG, Informationsportal Klimawandel)

Kippelemente im Klimasystem

Kippelemente können als "Achillesferse" im Klimasystem betrachtet werden. Sie zeigen in Bezug auf das Hintergrundklima ein sogenanntes Schwellenverhalten. Sie können also beim Überschreiten eines bestimmten Schwellenwertes in einen Zustand mit anderen Eigenschaften kippen. Dies kann bereits durch relativ geringe Veränderungen des Energieeintrages geschehen. Oft hängen Kippelemente mit selbstverstärkenden Rückkopplungsprozessen zusammen. So ist es möglich, dass der neue Zustand eines Kippelementes erhalten bleibt, selbst wenn das Hintergrundklima wieder hinter den ursprünglichen Schwellenwert zurückfällt.

Die wichtigsten Kippelemente im Klimasystem

Abbildung 6: Geografische Einordnung der wichtigsten Kippelemente im Erdsystem mit Angabe der Klimazonen nach Köppen (Quelle: PIK, 2017, Creative Commons BY-ND 3.0 DE Lizenz)



Die Kippelemente lassen sich in drei Klassen einteilen: Eiskörper, Strömungssysteme und Ökosysteme.

Eiskörper

Die großen Eismassen des Erdsystems können durch verschiedene Mechanismen, wie die Eis-Albedo-Rückkopplung, zu Kippelementen werden. Zu den Kippelementen zählen das Schmelzen des arktischen Meereises, der Verlust des Grönland-Eispanzers, das plötzliche Abtauen der Borealen Permafrostböden und das Verschwinden der Gletscher.

Strömungssysteme

Meeres- und Luftströmungen unterliegen ganzjährigen oder saisonalen Mustern sowie mehrjährigen natürlichen Schwankungen. So transportiert das sogenannte globale Förderband der Ozeanzirkulation große Wärmemengen, die das Klima maßgeblich beeinflussen. Angetrieben wird dieses durch Winde, die über Meeresoberflächen streichen, durch die Vermischung von Wassermassen, beispielsweise durch Gezeiten und durch Unterschiede in der Dichte des Meerwassers, welche auf unterschiedlichen Temperaturen und Salzgehalten des Wassers beruhen. Durch die fortschreitende Klimaerwärmung kann es zu abrupten Veränderungen der Strömungssysteme kommen. Eine gravierende Folge wäre das Versiegen der Atlantischen Umwälzzirkulation – mit beträchtlichen Auswirkungen auf Temperatur und Niederschlagsverteilungen.

Ökosysteme

Ein Ökosystem ist als ganzheitliches Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren Umwelt definiert, das bis zu einem gewissen Grad zur Selbstregulation fähig ist. Komplexe artenreiche Ökosysteme wie Korallenriffe oder tropische Regenwälder sind unter gleichbleibenden Bedingungen stabil. Sie sind aber nicht starr, sondern können sich langsamen Veränderungen in der Regel bis zu einer gewissen Grenze anpassen. Außergewöhnliche Umweltbelastungen können allerdings zu Reaktionen an unerwarteten Stellen führen, die stärker als die ursprüngliche Störung sind – und im schlimmsten Fall zum Kippen des Systems führen.

Zu den Bedrohungen von Ökosystemen mit überregionaler Bedeutung zählen die Umwandlung des Amazonas-Regenwaldes, die Destabilisierung der nordischen Nadelwälder (boreale Wälder) sowie das Absterben von Korallenriffen.

Weitere Informationen siehe auch Kapitel 3 Auswirkungen des Klimawandels.

Umwandlung des Amazonas-Regenwaldes

Ein Großteil der Niederschläge im Amazonasbecken stammt aus über dem Wald verdunstetem Wasser. Ein Rückgang der Niederschläge in einem wärmeren Erdklima und die Abholzung des Regenwaldes sowie Brände könnten den Wald an eine kritische Grenze bringen. Dabei können zwischen dem Überschreiten dieser kritischen Grenze und seinen sichtbaren Auswirkungen mehrere Jahrzehnte liegen. Eine Umwandlung des Amazonas-Regenwaldes in einen an die Trockenheit angepassten saisonalen Wald oder eine Graslandschaft hätte grundlegende Auswirkungen auf das Erdklima, da immerhin etwa ein Viertel des weltweiten Kohlenstoff-Austausches zwischen Atmosphäre und Biosphäre hier stattfindet. Zudem ginge eine bedeutende Kohlenstoffsenke verloren. Gleichzeitig würde das Verschwinden des Regenwaldes einen gewaltigen Verlust von Biodiversität bedeuten, welche gleichzeitig ein wichtiger Hoffnungsträger für eine mögliche Erholung des Systems wäre.



Potsdam Institut für Klimaforschung pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente

Weitere Informationen zu Kippelementen siehe:

www.pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente



Aktivitäten

Klima-Wissen vertiefen

Material: große Papierblätter bzw. Flipchart, Stifte

Ablauf: Die Schüler:innen erstellen ein Mindmap-Plakat. Darauf wird dargestellt, welches Wissen über das Klima und den Klimawandel für sie persönlich interessant ist und worüber sie mehr erfahren möchten (Klimageschichte, Treibhauseffekt, Rolle des Menschen, Klimawandelanpassung etc.). Was hat das alles mit ihrer persönlichen Lebensumwelt zu tun? Anschließend erfolgt eine Vorstellung der Ergebnisse und Diskussion.

Kippelemente im Klimasystem



Material: Internet, Website Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (siehe unten), eventuell Hintergrundinformationen aus dem Theorie-Teil dieses Kapitels

Ablauf: In Zweiergruppen werden Informationen zu den Kippelementen "Eiskörper" (Schmelzen des arktischen Meereises, Verlust des Grönlandeispanzers etc.), "Strömungssysteme" (Störung des El Niño-Phänomens, Destabilisierung des indischen Monsuns, Verlagerung des westafrikanischen Monsuns, etc.), "Ökosysteme" (Umwandlung des Amazonas-Regenwaldes, Rückgange der nordischen Nadelwälder, Zerstörung von Korallenriffen etc.) recherchiert und in der Klasse vorgestellt.

Weitere Infos siehe: pik-potsdam.de/de/produkte/infothek/kippelemente/kippelemente

System-Dreieck – systemische Zusammenhänge verstehen

Material: ausreichend Raum, zumindest zehn Schüler:innen

Ablauf: Die Schüler:innen stellen sich im Kreis auf. Jede:r sucht für sich still zwei andere Teilnehmer:innen aus, ohne dies mitzuteilen. Dabei soll es sich nicht nur um die engsten Freund:innen handeln. Auf ein Startzeichen der Lehrperson versuchen alle mit den zwei ausgesuchten Personen ein gleichseitiges Dreieck zu bilden, wobei die jeweilige Größe des Dreiecks variabel ist. Die Übung ist zu Ende, sobald die gesamte Gruppe zum Stillstand gekommen ist und dadurch ein stabiles Gleichgewicht erzielt hat. Sollte die Übung zu kurz gedauert haben, kann die Lehrperson durch Verschiebung einer Person die Übung neu in Schwung setzen. Nach dem Stillstand wird überprüft, ob die Teilnehmer:innen mit ihren ausgesuchten Personen ein gleichseitiges Dreieck bilden. Anschließend kann eine Diskussion über Systeme und Auswirkungen von Veränderung gesprochen werden.

Klima-Behauptungen im Faktencheck

Material: Hintergrundinformationen Kapitel 1 und 2, Tafel, eventuell Internet

Ablauf: Folgende provokante Behauptungen können durch Wissen über das Klima – siehe Hintergrundinfos – widerlegt werden:

Behauptung 1: Klimaschwankungen hat es ja schon immer gegeben. Also ist das alles ganz natürlich. Warum die Aufregung?

Behauptung 2: Der Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre liegt bei nur 0,04 Prozent. Wie soll dieser geringe Anteil an Gasen das gesamte Weltklima beeinflussen?

Behauptung 3: Warum die Aufregung um eine Erhöhung der globalen Mitteltemperatur um 2°C? Das merken wir doch kaum, ob es zwei Grad mehr oder weniger hat.

Die drei Behauptungen werden von der Lehrperson zu Beginn einer Unterrichtseinheit in den Raum gestellt bzw. an die Tafel geschrieben. Die entsprechenden Entgegnungen sind dann im

Vortrag der Lehrperson zu finden bzw. suchen die Schüler:innen in den Hintergrundinformationen oder im Internet nach guten Argumenten, die diese Behauptungen widerlegen.

Linktipps zum Thema Klimakommunikation: www.klimafakten.de, www.klimartikulieren.at, skepticalscience.com

Klima-Blogs & Co

Material: Internet, Schreibmaterial

Ablauf: Die Schüler:innen recherchieren einzeln nach Blogs, Artikelserien oder Webseiten, die zu einem besseren Verständnis von Klima und Klimawandel beitragen können. Anschließend erfolgt eine kurze Vorstellung in der Klasse. Die Linktipps zum Thema Klimakommunikation (siehe oben) sollen den Schüler:innen dabei helfen, fundierte Informationen von irreführenden Falschmeldungen zu unterscheiden.

Beispiel: Blog Erklär mir die Welt – Klimakrise erklaermir.simplecast.com/episodes/21-er-klar-mir-die-klimakrise-ottmar-0d4f3208

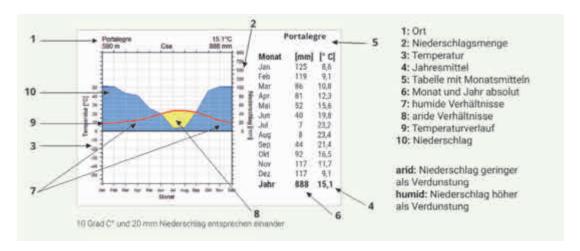
Klimadiagramm nach Walter und Lieth

Material: Ausdruck von Klimadiagrammen unterschiedlicher Gebiete bzw. Recherche auf klimadiagramme.de/

Ablauf: Mit den Schüler:innen werden der Aufbau und die Klimafaktoren (wie Temperatur oder Niederschlag) eines Klimadiagramms besprochen (siehe Klimadiagramm – nach Walter und Lieth). Auf klimadiagramme.de sind Klimadiagramme verschiedener Länder zu finden. Gemeinsam können diese verglichen und die Ursachen für Unterschiede ergründet werden. Im Anschluss erhalten alle Schüler:innen ein Klimadiagramm (ausgedruckt oder digital bzw. Link fürs Internet), interpretieren dieses und halten das Ergebnis schriftlich fest. Danach erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse.

Beispiel für ein Klimadiagramm - nach Walter und Lieth

In diesem Zusammenhang kann ein Langzeitversuch zu aridem bzw. humidem Klima durchgeführt werden: Ein halb mit Wasser gefüllter Kübel wird im Freien (nicht überdacht) aufgestellt. In einem ariden Klima wird dieser irgendwann leer sein, in einem humiden Klima wird dieser irgendwann überlaufen. (Arides Klima bedeutet, dass die Verdunstung größer ist als der Niederschlag. Bei einem humiden Klima ist der Niederschlag größer als die Verdunstung.)



Quelle: https://klimadiagramme.de/Europa/portalegre.html

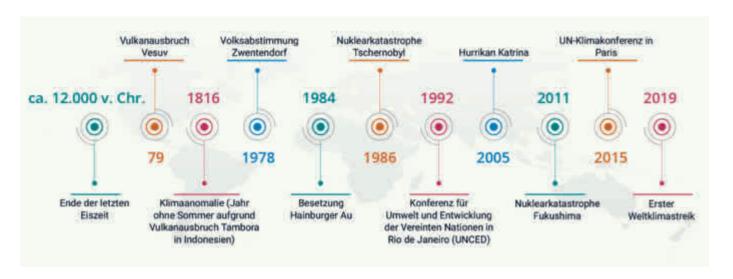
Bedeutende Umweltereignisse – Erstellen einer Timeline

Material: Set von Kärtchen mit Umweltereignissen sowie ein Set von Kärtchen mit den zu den Umweltereignissen korrespondierenden Jahreszahlen

Ablauf: Alle Kärtchen werden auf dem Boden oder auf einem Tisch willkürlich verteilt. Die Schüler:innen ordnen in der Gruppe die Ereignisse den richtigen Jahreszahlen zu und bringen diese in eine ihrer Meinung nach korrekte Zeitlinie. Ist diese fertig, kann sie mit der Lösung verglichen werden.

Nach Auflösung können weitere Informationen zu den Ereignissen gegeben und diskutiert werden.

Beispiele für Umweltereignisse (hier handelt es ich um einen beliebig anpassbaren Auszug):



Leseblatt Amazonas-Regenwald

Material: ausgedruckte Leseblätter (siehe S. 18), Schreibmaterial; optional: Internet

Ablauf: Jede:r Schüler:in liest für sich den Text durch. Danach werden zu dem Artikel Fragen gestellt und in der Gruppe diskutiert.

Fragenbeispiele:

- Der Amazonas-Regenwald ist die wichtigste terrestrische CO₂-Senke. Was bedeutet das?
- Der Amazonas-Regenwald hat sich über einen langen Zeitraum entwickelt. Von welcher Dimension sprechen wir? 10.000 Jahre?/100.000 Jahre?/mehrere Millionen Jahre? Diese Frage dient auch der Erklärung, dass eine Wiederaufforstung nicht in kurzen Zeiträumen möglich ist.
- Wie sieht es mit der Anpassungsfähigkeit des Regenwaldes an veränderte Umweltbedingungen aus?

Extraaufgabe:

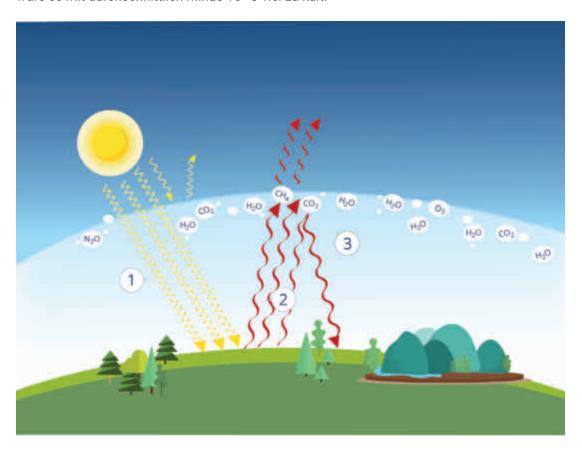
Recherchiert im Internet nach Meldungen über Dürren im Amazonas-Regenwald.



Arbeitsblatt

Treibhauseffekt (vereinfachte Darstellung)

Der natürliche Treibhauseffekt ist für das Leben auf der Erde sehr wichtig. Ohne diesen Effekt wäre es mit durchschnittlich minus 18 °C viel zu kalt.



Ordne die Texte den Zahlen in der Grafik zu. Schreibe die Zahlen zu den jeweiligen Texten:

Diese Strahlen werden von der Erde absorbiert und als Wärmestrahlung wieder abgegeben.
Kurzwellige Sonnenstrahlen durchdringen die Erdatmosphäre und treffen auf die Erdoberfläche auf.
Die Treibhausgase in der Atmosphäre verhindern den direkten Austritt der Wärmestrahlung aus der Erdatmosphäre. Sie nehmen einen großen Teil der Wärmestrahlung auf und geben ihn wieder in alle Richtungen – also auch in Richtung der Erdoberfläche – ab.



Leseblatt

Wie widerstandsfähig ist der Amazonas-Regenwald gegenüber klimatischen Veränderungen?

Der Amazonas-Regenwald kann durch wechselhafte Regenfälle trainiert werden – dem Tempo des Klimawandels ist er vermutlich dennoch nicht gewachsen.

Der Amazonas-Regenwald hat sich über Millionen von Jahren entwickelt und sogar Eiszeiten überlebt. Heute droht diesem riesigen Ökosystem durch menschliche Einflüsse und durch den weltweiten Klimawandel ein großflächiges Absterben – mit weit reichenden Folgen für seine Funktion als globale CO₂-Senke. Eine in Nature Geoscience veröffentlichte Studie zeigt, dass die Teile des Amazonaswaldes, in denen die Regenmengen stärker schwanken, widerstandsfähiger gegen heutige und zukünftige Klimastörungen sind. Trotz dieses "Trainingseffekts" wird der Regenwald mit dem Tempo des fortschreitenden Klimawandels wohl nicht Schritt halten können, erklären die Forscher:innen.

"Angesichts der enormen Bedeutung des Amazonas-Regenwaldes für unser Klima und die Artenvielfalt ist es erstaunlich, wie wenig wir immer noch über seine Fähigkeit wissen, sich im Laufe der Zeit an veränderte Umweltbedingungen anzupassen", sagt Leitautorin der Studie, Catrin Ciemer vom Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Mit der fortschreitenden globalen Erwärmung wird es im Amazonasbecken wahrscheinlich vermehrt Dürren geben, die die Baumsterblichkeit und das Brandrisiko erhöhen könnten. "Wir haben einen Mechanismus entdeckt, der die Widerstandsfähigkeit des Ökosystems zusammen mitbestimmt. Dabei haben wir herausgefunden, dass Regionen des Amazonas-Regenwaldes, die stärker wechselnden Regenmengen ausgesetzt waren, offenbar mehr Widerstandskraft haben gegen Klimastörungen", so Ciemer.

Mathematische Methoden der Analyse nicht-linearer Systeme kombiniert mit Beobachtungsdaten

Der Amazonas-Regenwald ist der größte zusammenhängende Regenwald der Erde – mit einer beispiellosen Vielfalt an Pflanzen und Tieren. Riesige Mengen an Kohlenstoff werden in der Biomasse des Waldes gespeichert, was den Amazonas-Regenwald zur wichtigsten terrestrischen CO₂-Senke macht. Basierend auf Daten zu Niederschlag und Baumbedeckung im brasilianischen Amazonasbecken konstruierten die Forscher:innen nun sogenannte potenzielle Landschaften, um die Regenfallmuster zu ermitteln, in denen das Ökosystem stabil bleibt, und um kritische Schwellenwerte zu identifizieren, jenseits derer die Vegetation von Wald zu Savanne wechseln könnte. "Wir konnten dieses bislang unbekannte dynamische Stabilitätsverhalten quantifizieren, indem wir moderne Techniken der Analyse nicht-linearer Systeme kombiniert haben mit modernsten Beobachtungsdaten", erklärt Jürgen Kurths, Leiter des PIK-Forschungsbereichs Komplexitätsforschung und Ko-Autor der Studie.





"Wir entwickeln und nutzen innovative mathematische Methoden, um reale Probleme zu untersuchen, die enorme Auswirkungen auf Menschen auf dem ganzen Planeten haben. Denn klar ist: der Amazonas-Regenwald ist von großer Bedeutung für globale CO_2 - und Wasserkreisläufe und steht in Wechselwirkung mit einer Reihe anderer kritischer Elemente des Erdsystems", ergänzt Marina Hirota von der Federal University of Santa Catarina in Brasilien, auch sie ist Ko-Autorin der Untersuchung. "Unser Ansatz erlaubt es uns zu erkennen, welche Regionen anfälliger für zukünftige Veränderungen des Niederschlags sein könnten", sagt Ricarda Winkelmann, Leiterin des PIK FutureLab 'Earth Resilience in the Anthropocene' und Ko-Autorin der Studie. Weniger 'trainierte' Regionen, die nicht an häufige Änderungen der Niederschläge gewöhnt sind, werden dabei besonders betroffen sein. "Unsere Analyse zeigt, dass in einem Business-as-usual-Szenario des Ausstoßes von Treibhausgasen eine große zusammenhängende Region im südlichen Amazonasgebiet Gefahr laufen könnte, vom Wald zur Savanne zu werden." Aber wie viel Veränderung kann die Amazonasregion verkraften?

Es stellt sich heraus, dass der Amazonaswald zwar ein sehr altes Ökosystem ist, das sich über lange Zeiträume anpassen konnte – dass es aber fraglich ist, ob er dem Tempo des fortschreitenden Klimawandels gewachsen ist.

Forstpolitik Brasiliens: "Es gibt keine Möglichkeit, sich an Motorsägen anzupassen"

Natürlich ist der Klimawandel nicht der einzige große Stressfaktor für den Amazonas-Regenwald. "Der Mensch mischt sich noch viel direkter ein", sagt Niklas Boers, Koautor der Studie. "Großflächige Rodungen, vor allem zur Umwandlung der Naturlandschaft in Weideland für Rinder zur Fleischerzeugung, stellen bereits heute eine ernsthafte Bedrohung für den Regenwald dar. Auch wenn einige Regionen im Amazonasgebiet aufgrund des Trainingseffekts besser auf den Klimawandel vorbereitet sind als andere, könnte die aktuelle Forstpolitik Brasiliens und anderer Länder die Frage der Widerstandsfähigkeit des Regenwaldes bedeutungslos machen", so Boers. "Mit oder ohne Widerstandsfähigkeit gegen Klimastörungen: Es gibt keine Möglichkeit, sich an Motorsägen anzupassen."

Artikel: Catrin Ciemer, Niklas Boers, Marina Hirota, Jürgen Kurths, Finn Müller-Hansen, Rafael S. Oliveira, Ricarda Winkelmann (2019). Higher resilience to climatic disturbances in tropical vegetation exposed to more variable rainfall. Nature Geoscience [DOI: 10.1038/s41561-019-0312-z]

nature.com/articles/s41561-019-0312-z

Quelle: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (25.02.2019)

pik-potsdam.de/aktuelles/pressemitteilungen/der-amazonaswald-kann-durch-wechselhafte-regenfaelle-trainiert-werden-dem-tempo-des-klimawandels-ist-er-moeglicherweise-den-noch-nicht-gewachsen





2 Ursachen für die Klimakrise

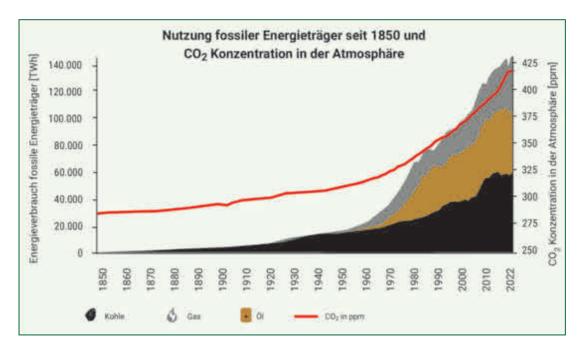
Anstieg der Treibhausgase in der Atmosphäre

Die Menschheit beeinflusst durch Nutzung fossiler Brennstoffe, Abholzen von Regenwäldern und Viehzucht zunehmend das Klima und die Temperatur auf der Erde.

Europäische Kommission ec.europa.eu/clima/change/causes_de

Seit Beginn der Industrialisierung und der damit einhergehenden Verbrennung fossiler Energieträger gelangt vermehrt CO_2 in die Atmosphäre. Durch die zusätzlich eingebrachten Treibhausgase wird der natürliche Treibhauseffekt verstärkt und die globale Mitteltemperatur steigt. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts ist die globale Mitteltemperatur um rund 1,1 °C gestiegen. Abbildung 7 zeigt den Zusammenhang zwischen der Nutzung fossiler Brennstoffe und dem Anstieg der CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre seit 1850 in ppm (parts per million).

Abbildung 7: Entwicklung der Nutzung fossiler Energieträger seit 1850



Die globale Konzentration von CO_2 ist seit Beginn der Industrialisierung um rund 44 Prozent gestiegen. Der vorindustrielle CO_2 -Gehalt der Luft betrug rund 280 ppm (parts per million). Innerhalb dieses langjährigen Beobachtungszeitraums wurde erstmals im Jahr 2015 der Wert von 400 ppm überschritten.

Tipp: Aktuelle Werte zur CO₂-Konzentration siehe www.co2.earth/



CO₂ und weitere Treibhausgase

Kohlendioxid (CO_2), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) kommen in bestimmten Konzentrationen natürlich in der Atmosphäre vor. Durch menschliche Aktivitäten ist deren Konzentration angestiegen. Abbildung 8 zeigt den prozentualen Beitrag der globalen Treibhausgasemissionen zum menschengemachten Treibhauseffekt.

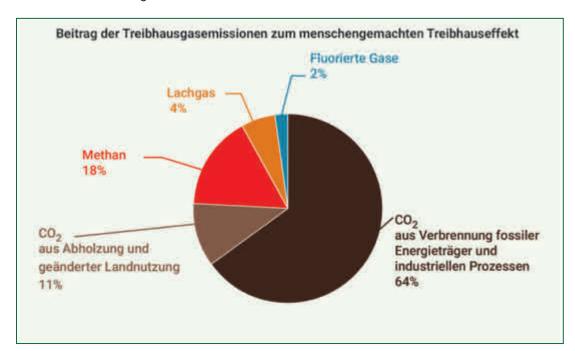


Abbildung 8: Globale anthropogene (menschengemachte) Treibhausgasemissionen im Jahr 2019 (IPCC 2022)

Die verschiedenen Treibhausgase sind unterschiedlich stark treibhauswirksam und haben eine verschieden lange Verweildauer in der Atmosphäre.

Kohlendioxid (CO₂) ist das mengenmäßig wichtigste Treibhausgas. Die durchschnittliche Verweildauer von CO₂ in der Atmosphäre beträgt rund 120 Jahre. CO₂ entsteht als Endprodukt bei der Verbrennung von Substanzen, die Kohlenstoff enthalten. Die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas trägt wesentlich zur Klimaerwärmung bei. Dadurch gelangt zusätzlicher Kohlenstoff in die Atmosphäre, der über Millionen von Jahren in Erdöl, Kohle oder im Erdgas gebunden war.

Methan (CH₄) wird beim Abbau von organischem Material unter Luftabschluss freigesetzt – in den Mägen von Wiederkäuern (Rinderhaltung), beim Reisanbau sowie auf Mülldeponien. Die durchschnittliche Verweildauer in der Atmosphäre beträgt zwölf Jahre und ist somit wesentlich geringer als die von CO₂. Allerdings ist Methan 28-mal so treibhauswirksam wie Kohlendioxid und hat somit auch einen wesentlichen Anteil am menschengemachten Treibhauseffekt.

Lachgas (N₂O) entsteht durch den Abbau stickstoffhaltiger Verbindungen in Böden. Lachgas wird insbesondere durch Stickstoffdünger in der Landwirtschaft, durch Massentierhaltung sowie Verbrennungs- und Kläranlagen freigesetzt. Lachgas kommt zwar nur in ganz geringen Mengen in der Atmosphäre vor, es ist aber 265-mal so wirksam wie CO₂.

Fluorierte Treibhausgase (HFKWs, FKWs, SF₆, NF₃) kommen im Gegensatz zu den übrigen Treibhausgasen in der Natur ursprünglich nicht vor. Sie werden u. a. als Kältemittel in Kälteund Klimaanlagen, als Treibgas in Sprays sowie als Treibmittel in Schäumen und Dämmstoffen eingesetzt.

Durch die globale Erwärmung steigt auch der Anteil des natürlichen Treibhausgases **Wasserdampf** in der Atmosphäre an.

Was bedeutet Treibhausgaspotential bzw. CO2-Äquivalent?



 ${\rm CO_2}$ ist das wichtigste anthropogene Treibhausgas und gilt als Bezugsgas für die unterschiedlichen Treibhausgase. Das Treibhauspotential (auf englisch Global warming potential, GWP) oder ${\rm CO_2}$ -Äquivalent ist eine Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der Treibhausgase. Es drückt aus, wie stark Gase, im Vergleich zur gleichen Menge ${\rm CO_2}$, in einem bestimmten Zeitraum (meist 100 Jahre) zur globalen Erwärmung beitragen. Das Treibhausgaspotential (GWP) von Methan beträgt beispielsweise 28, das GWP von Lachgas 256.

Der menschengemachte Treibhauseffekt

Abbildung 9: Der natürliche Treibhauseffekt wird durch anthropogene Treibhausgase verstärkt (vereinfachte Darstellung)

Der natürliche Treibhauseffekt wird durch den zusätzlichen Ausstoß anthropogener Treibhausgase verstärkt. Ebenso wie die natürlichen Treibhaugase verhindern sie den direkten Austritt der Wärmestrahlung von der Erde ins Weltall. Dies führt dazu, dass der Energiegehalt der Lufthülle wächst und die globale Mitteltemperatur steigt.





Menschliche Einflüsse auf den globalen Kohlenstoff-Kreislauf

Durch menschliche Aktivitäten werden weltweit aktuell durchschnittlich 42 Gigatonnen (eine Gigatonne sind Tausend Millionen Tonnen) CO_2 pro Jahr ausgestoßen. Vegetation und Böden können davon ca. 29 Prozent aufnehmen, Ozeane ca. 22 Prozent. Etwa 44 Prozent des ausgestoßenen CO_2 verbleiben in der Atmosphäre und erhöhen somit die CO_2 -Konzentration. Wo die restlichen 5 Prozent verbleiben ist unklar.

Durch die Verbrennung fossiler Energieträger wird Kohlenstoff, der Jahrmillionen in Form von Kohle oder Erdöl gebunden war, nun in kurzer Zeit freigesetzt. Die Atmosphäre weist heute eine wesentlich höhere CO_2 -Konzentration auf als in den letzten 800.000 Jahren. Wälder, gesunde Böden und Ozeane können als sogenannte CO_2 -Senken fungieren und die globale Erwärmung abschwächen, allerdings sind diese Kapazitäten begrenzt bzw. gefährdet. Durch die großflächige Abholzung von Wäldern und die Zerstörung bzw. Versiegelung gesunder Böden können diese nicht mehr so viel CO_2 aufnehmen. Die Ozeane werden durch die erhöhte Aufnahme von CO_2 saurer und erwärmen sich. Sie sind somit ebenfalls – als CO_2 -Senken sowie als Ökosysteme und Lebensraum unzähliger Arten – gefährdet.

Anstieg der CO₂-Emissionen

Wie in Abbildung 10 ersichtlich, steigt die CO₂-Konzentration weiter an. Die Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas ist für den Großteil des weltweiten CO₂-Ausstoßes verantwortlich.

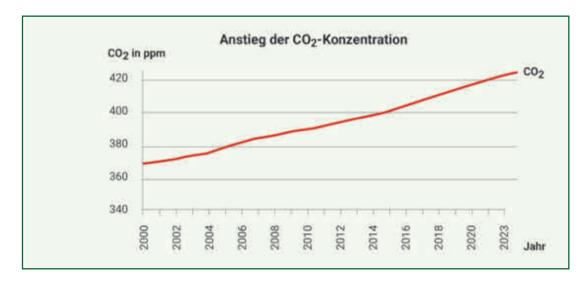
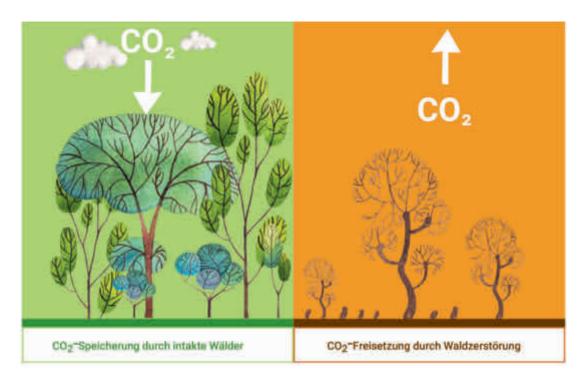


Abbildung 10: Anstieg der globalen CO₂-Konzentration in ppm

Entwaldung

Entwaldung trägt wesentlich zur Klimakrise bei. Wenn Wälder gerodet werden oder verbrennen, wird der im Holz und auch in den Böden gespeicherte Kohlenstoff freigesetzt. Vom bisherigen CO₂-Anstieg in der Atmosphäre ist etwa ein Viertel auf Entwaldung zurückzuführen. In der Biomasse der Wälder sowie in den Böden gesunder Wälder sind riesige Mengen an Kohlenstoff gebunden (siehe Abbildung S. 24). Alleine in den Wäldern des Amazonasgebietes sind 80 bis 120 Milliarden Tonnen Kohlenstoff gespeichert. Der Amazonas-Regenwald gilt als die weltweit wichtigste terrestrische CO₂-Senke. Großflächige Entwaldung, wie beispielsweise in Brasiliens Regenwäldern, zerstört auch die Lebensgrundlage von Menschen, die im und mit dem Wald leben, sowie den Lebensraum unzähliger Tier- und Pflanzenarten.



Weltweit gehen jährlich etwa zehn Millionen Hektar Wald verloren. Besonders dramatisch ist der Verlust von tropischen Urwäldern, welche auch in Bezug auf Biodiversität von großer Bedeutung sind. Laut World Resources Institute wurden im Jahr 2022 4,1 Millionen Hektar tropischer Primärwald zerstört. Allein der Verlust dieser Wälder verursachte Emissionen von 2,7 Gigatonnen CO₂. Zum überwiegenden Teil ist die Landwirtschaft für Entwaldung verantwortlich, insbesondere durch Viehhaltung, Palmöl- und Sojaproduktion.





Quellen der Treibhausgase in Österreich

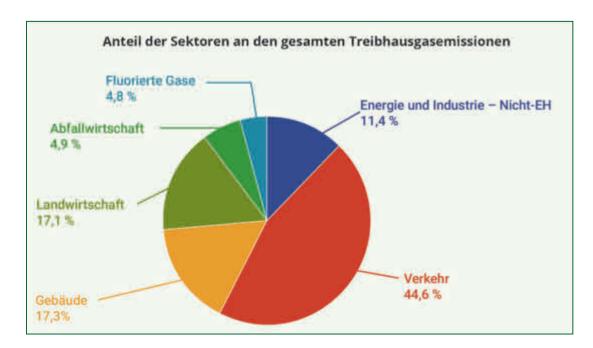


Abbildung 11: Anteil der Treibhausgasemissionen in Österreich im Jahr 2020 (ohne Emissionshandel)

Abbildung 11 zeigt als wichtigsten Verursacher von Treibhausgasemissionen (ohne Emissionshandel) in Österreich die Sektoren Verkehr, Landwirtschaft, Gebäude, Energie und Industrie, Abfallwirtschaft und Fluorierte Gase. Der motorisierte Straßenverkehr ist für einen großen Anteil der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Die Landwirtschaft ist insbesondere aufgrund der Treibhausgase Methan (Rinderhaltung) und Lachgas (künstliche Stickstoffdüngung, Massentierhaltung) für den Klimawandel relevant. Der Anteil an Fluorierten Gasen ist in den letzten Jahren gestiegen. Die Sektoren Energie und Industrie sowie Gebäude haben ebenfalls einen beträchtlichen Anteil an den Treibhausgasemissionen, da industrielle Prozesse und die Beheizung von Gebäuden stark auf der Nutzung fossiler Energieträger beruhen.

Werden die Treibhausgasemissionen miteinberechnet, die über den europäischen Emissionshandel geregelt sind, dann macht der Sektor "Energie und Industrie" mit 44,4 Prozent den größten Anteil an den gesamten österreichischen Treibhausgasemissionen aus.



Aktivitäten

Treibhausgase - Gruppen recherchieren

Material: Internet oder Unterlagen, wie z.B. Hintergrundinformationen aus diesem Kapitel

Ablauf: Die Schüler:innen werden in vier Gruppen eingeteilt. Jeder Gruppe wird eines der Treibhausgase CO₂, Methan, Lachgas bzw. fluorierte Gase zur Recherche zugelost. Diese soll enthalten:

- Verweildauer in der Atmosphäre
- Treibhauswirksamkeit
- Ursachen/Quellen
- Anteile in Österreich/weltweit
- 🐒 Wie kann der Ausstoß dieses Treibhausgases eingespart werden?

Nach der Recherche werden die Ergebnisse den anderen Gruppen (in frei wählbarer Form) vorgestellt und diskutiert.

Klima.Wissen erkunden

Material: ausgedruckte Fragebögen oder Internet, Handy

Ablauf: Die Schüler:innen erforschen, wie es mit dem Wissen und dem Interesse am Klimawandel an der Schule aussieht. Was sind die Ursachen für die Klimakrise? Was ist den Mitschüler:innen wichtig, welche Maßnahmen sollen gesetzt werden? Die Schüler:innen erstellen dazu einen Fragebogen (online bzw. auf Papier ausgedruckt) oder führen persönliche Interviews. Die Ergebnisse werden ausgewertet, präsentiert sowie diskutiert.

Klimakrise - Was bin ich?

Material: Haftzettel oder Kärtchen mit Krepp-Klebeband

Ablauf: Pro Schüler:in wird ein Kärtchen mit einem Begriff oder Bild zum Thema Klimakrise gestaltet. Die Teilnehmenden kleben einander die Zettel auf den Rücken (ein Zettel pro Person). Die Schüler:innen sollen durch Befragung der Anderen herausfinden, wer oder was sie sind. Die Antwort darf nur "ja" oder "nein" lauten. Nach drei Fragen muss zu einer anderen Person gewechselt werden.



Haben alle Schüler:innen ihren Begriff erraten, ist das Spiel beendet.

Das Blatt wenden

Material: Plakate in DIN A3-Format (beliebige Anzahl)

Ablauf: Die Plakate werden vorab von der Lehrperson mit Aussagen oder Fakten zum Thema Klimakrise beschriftet.

Beispiele:

- CO₂₋Anstieg von 280 auf über 400 ppm
- Durchschnittliche Verweildauer von CO₂: 120 Jahre
- Methan: durchschnittliche Verweildauer 12 Jahre, aber 28-fache Wirkung von CO2
- Verbrennung fossiler Energieträger für 85 Prozent des weltweiten CO₂-Ausstoßes verantwortlich
- **5** ...

Die Schüler:innen werden in zwei Gruppen aufgeteilt und alle ziehen ihre Schuhe aus. Sie kennen die Inhalte der Plakate nicht. Aus jeder der beiden Gruppen stellen sich zwei Schüler:innen paarweise auf ein Plakat, das mit der Schrift nach unten auf dem Boden liegt. Die so gebildeten Zweier-Gruppen dürfen danach nicht mehr auf den Boden steigen. Auf das Startzeichen der Lehrperson versucht jede Zweier-Gruppe das Plakat, auf dem sie steht, zu wenden und den Text zu lesen. Die Aufgabe ist erfüllt, sobald eine Zweier-Gruppe auf dem umgedrehten Blatt steht. Steigt eine:r der Teilnehmenden dabei auf den Boden, ist die Runde für die beiden Teilnehmenden beendet. Ein anderes Paar aus derselben Gruppe versucht dann die gleiche Aufgabe zu lösen. Wenn es gelungen ist, das Plakat zu wenden und den Text auf der Rückseite zu lesen, wird ein weiteres Plakat auf den Boden gelegt. Ein neues Paar der Gruppe hat nun die Aufgabe dieses Plakat zu wenden. Dies geht so lange, bis alle Plakate umgedreht wurden. Für jedes gewendete Plakat erhält die Gruppe einen Punkt. Am Ende wird abgerechnet. Die Gruppe mit den meisten Punkten gewinnt.

Zum Abschluss der Übung werden alle Aussagen erklärt, das Thema der durch den Menschen verursachten Klimakrise erarbeitet und diskutiert.

Meinungsstrahl zum Klimawandel

Material: ein rotes und ein grünes Blatt Papier, Krepp-Klebeband zum Anheften

Ablauf: Die beiden Blätter werden an gegenüberliegende Wände oder mit einigem Abstand an eine Wand geheftet. Der dazwischen liegende Raum sollte frei und so groß sein, dass alle teilnehmenden Schüler:innen sich dort positionieren können.

Die Lehrperson verliest nun nacheinander unterschiedliche Fragen oder Aussagen.

Einige Beispiele:

- "Ich habe mich bereits mit dem Thema Klimawandel beschäftigt."
- 🚯 "Der Klimawandel hat auf alle Menschen weltweit die gleichen Auswirkungen."
- 🐔 "Auch in Österreich spüren wir bereits die Auswirkungen des Klimawandels."
- "Ich würde keine Partei wählen, die den vom Menschen verursachten Klimawandel leugnet."
- 🦸 "Jede:r Einzelne von uns kann etwas gegen den Klimawandel tun."

Die Schüler:innen sollen sich zu den einzelnen Fragen oder Aussagen so zwischen den beiden Blättern positionieren, wie es ihrer persönlichen Meinung oder Einschätzung entspricht. Dabei kann der Raum zwischen dem roten und dem grünen Blatt als gedachte Linie dienen, auf der Abstufungen zwischen "stimme zu" und "stimme nicht zu" möglich sind. Schüler:innen können freiwillig in ein bis zwei Sätzen erklären, warum sie sich genau dort positioniert haben. Am Ende der Bearbeitung des Themas kann die Methode wiederholt werden, um festzustellen, ob sich die Einstellungen der Schüler:innen verändert haben.

Versuch Albedo

Material: ein weißes und ein schwarzes Blatt Papier identer Grammatur und Größe, zwei idente Thermometer, eine Infrarotlampe als Wärmequelle

Ablauf: Die beiden Blätter werden entlang der kürzeren Mittellinie gefaltet und unter die Lampe gelegt. Sie müssen idente Wärmestrahlung erhalten. Zwischen jedes gefaltete Blatt wird nun ein Thermometer so positioniert, dass das Messergebnis abgelesen werden kann. Der Temperaturverlauf der beiden Thermometer wird beobachtet und dokumentiert.

Was hat das mit Klimawandel zu tun?

Material: Flipchart, Stifte, eventuell Internet

Ablauf: Die Schüler:innen ordnen sich je nach Interesse einer der unten angeführten Fragestellungen zu. Alternativ dazu können noch weitere Fragen formuliert werden. Aufgabe der Kleingruppen ist es, Informationen zum gewählten Thema zusammenzutragen und das Ergebnis auf einem Flipchart grafisch darzustellen. Anregungen dazu können aus dem Internet geholt werden. Die Ergebnisse werden der Klasse präsentiert.

Was hat das mit dem Klimawandel zu tun?

- Verbrennung fossiler Energieträger & Klimawandel
- Abholzung von tropischem Regenwald & Klimawandel
- Straßen- und Flugverkehr & Klimawandel
- Landwirtschaft, insbesondere Viehzucht & Klimawandel

Was habe ich persönlich mit dem Klimawandel zu tun?

- Mein Steak und der Klimawandel
- Meine Flugreise und der Klimawandel
- Mein Energieverbrauch und der Klimawandel
- Mein T-Shirt und der Klimawandel

Videos – gemeinsam besprechen

Material: Internetzugang

Ablauf: Die Schüler:innen sehen sich alleine oder in der Gruppe, zu Hause oder in der Klasse, eines oder mehrere der Videos zum Klimawandel an. Abschließend werden die Inhalte und etwaige Fragen in der Klassengemeinschaft diskutiert.

youtube.com/watch?v=aUA_H1tretQ youtube.com/watch?v=COfOKqMif1U youtube.com/watch?v=EtW2rrLHs08 youtube.com/watch?v=VTfgNFz1DBM youtube.com/watch?v=-n4A0BssFd0 youtube.com/watch?v=OgswfL3i-k8

Hinweis: Links siehe PDF - Download: www.klimabuendnis.at/oesterreich/materialien/klimafakten-klimawandel/

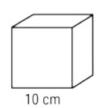


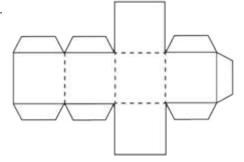
Arbeitsblatt

Rechnen mit CO₂

Material: Bastelmaterial (Geodreieck, Bleistift, Schere, Klebstoff oder Klebeband), Arbeitsblatt, Stifte

Bastel einen Würfel mit einer Seitenlänge von 10 cm.







Schätz- bzw. Wissensfrage Gewicht:

Wäre dein gebastelter Würfel aus Holz, wieviel CO_2 würde dieser ca. binden? (Gewichtseinheit nicht vergessen!)

1.000 dieser Würfel ergeben einen großen Würfel mit einem Volumen von 1 m³. Wäre dieser aus Holz, würde dieser ca.







Berechnung Atommasse:

C... Atommasse 12

0 ... Atommasse 16

CO₂ Atommasse:



Rechenbeispiel CO₂-Gehalt von Holz

1 m³ Holz hat ein Gewicht (Masse) von 500 kg. Holz besteht aus 50 % Kohlenstoff.

Berechne, wie viel kg Kohlenstoff in 1 m3 Holz enthalten ist?

kg

Wie viel Kohlendioxid ist in 1 m3 Holz gebunden?

kg



Rechenbeispiel CO₂-Ausstoß eines Autos

Wie weit kannst du mit einem Auto fahren, das 120 g CO₂/km ausstößt, damit du nicht mehr Kohlendioxid produzierst als in deinem Holzstück (1.000 cm³) gebunden ist?

m

Aufgabe:

- Bastel einen Würfel.
- Beantworte bzw. berechne die Fragen.

Auswirkungen des Klimawandels

Der Klimawandel hat erhebliche Schäden und zunehmend irreversible Verluste in Land-, Süßwasser- und Meeresökosystemen an der Küste und im offenen Ozean verursacht.

6. Sachstandsbericht des IPCC. Klimawandel 2022 (Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit) - Zusamenfassung für die politische Entwcheidungsfindung

The changes in the physical climate system (...) have adversely affected natural and human systems around the world. This has contributed to a loss and degradation of ecosystems, including tropical coral reefs; reduced water and food security; increased damage to infrastructure; additional mortality and morbidity; human migration and displacement; damaged livelihoods; increased mental health issues; and increased inequality.

6. Sachstandsbericht des IPCC. Climate Change 2022 (Impacts, Adaption and Vulnerability)



"Wir haben also bislang nur die ersten Anfänge und einen kleinen Bruchteil der Erwärmung gesehen, die uns in diesem Jahrhundert ohne entschlossene Gegenmaßnahmen bevorstehen wird."

Stefan Rahmstorf, Hans Joachim Schellnhuber (2018)

Das Polareis schmilzt

Die Eisschilde der Antarktis und Grönlands haben an Masse verloren. In der Arktis sind die Folgen des Klimawandels besonders deutlich zu erkennen. Hier steigt die Lufttemperatur deutlich stärker an als die durchschnittliche Lufttemperatur der gesamten Erde.

Arktisches Meereis

Im Gegensatz zum Südpol befindet sich am Nordpol kein Kontinent, sondern der arktische Ozean, der mit einer relativ dünnen Eisschicht bedeckt ist. Während die Eisschilde an Land in Grönland und der Antarktis mehrere Kilometer dick sind, misst das Meereis in der Arktis nur wenige Meter Dicke. Im Mittel schmilzt in der Arktis jedes Jahr eine Eisfläche von der Größe Österreichs ab. Wenn Eisflächen zu Meerwasser werden, ändert sich die Reflexionsstrahlung (siehe Eis-Albedo-Rückkopplung, Kapitel 1). Verringert sich der Anteil an den hellen Eis- und Schneeflächen zugunsten dunklerer Meeresflächen, wird die Rückstrahlung ins All verringert. Dadurch nimmt die Erwärmung der Erde weiter zu, was wiederum zum Schmelzen weiterer Eisflächen führt.

Wenn sich das Verhältnis von arktischen Eisflächen und freien Wasserflächen ändert, so hat das auch Auswirkungen auf die Lage der großräumigen Hoch- und Tiefdrucksysteme in Nordeuropa, was in Folge zu höheren Risiken von Extremereignissen wie Überschwemmungen oder langen Hitzeperioden führt.

Festlandeis Grönland und Antarktis

Auch das bis zu 3.500 Meter dicke Festlandeis auf Grönland ist rasanten Änderungen unterworfen. In den wärmer gewordenen Sommern verliert dieses durch Eisschmelze an Höhe.



Dies führt zu einem selbstverstärkenden Höhenverlust. Während sich die Eisoberfläche ursprünglich noch hoch über dem Meeresspiegel befindet, sinkt diese durch die Eisschmelze in niedrigere Höhenlagen ab, wo höhere Lufttemperaturen herrschen, was wiederum zu noch schnellerem Abschmelzen führt.

Die großen Eisschilde in Grönland und in der Antarktis verlieren ihr Eis allerdings nicht nur durch Schmelzen, sondern auch durch das "Kalben" der Gletscher. Damit ist das Abbrechen von Eismassen am Rande von Gletschern ins Meer gemeint. Die Gletscher in Grönland sowie am Westantarktischen Eisschild zeigen eine starke Zunahme der Fließgeschwindigkeit.

"Es besteht die Gefahr, dass diese beiden Eisschilde (Eisschilde in Grönland und in der Antarktis) instabil werden und große Eismassen innerhalb weniger Jahre ins Meer fließen. Wenn dies geschieht, könnte der Meeresspiegel noch in diesem Jahrhundert um mehrere Meter steigen. Allein auf Grönland lagert genug Eis, um den Meeresspiegel um mehr als sechs Meter steigen zu lassen."

Helga Kromp-Kolb, Herbert Formayer (2018)

Auswirkungen auf den Meeresspiegelanstieg

Die Auswirkungen auf den Meeresspiegelanstieg sind bei arktischem Meereis, antarktischem Festlandeis und dem Festlandeis Grönlands unterschiedlich. Das Schmelzen des arktischen Eises hat kaum Auswirkungen auf den Meeresspiegelanstieg. Denn ähnlich wie Eiswürfel in einem Wasserglas (siehe Versuch/Meeresspiegelanstieg S. 41) bleibt der Wasserstand gleich, wenn das Eis auf dem Meer schmilzt. Anders verhält es sich bei den Eisschilden auf Grönland und dem antarktischen Festland, wo sich die Eismassen auf dem Festland befinden und daher die Eisschmelze zu einem direkten Anstieg des Meeresspiegels führt.

Veränderung der ozeanischen Zirkulation

Die ozeanische Zirkulation (Siehe Kapitel 1, Kippelemente, Strömungssysteme) wird unter anderem durch die Unterschiede der Dichte des Meerwassers angetrieben. Diese beruhen auf unterschiedlichen Temperaturen und Salzgehalten des Wassers. Durch das Abschmelzen des Grönländischen Eisschildes gelangt salzarmes Schmelzwasser ins Meer, wo es die Dichte im Oberflächenwasser vor Ort ändert. Das erschwert das Absinken des Wassers und somit die Tiefenwasserbildung, die als wichtiger Motor der ozeanischen Zirkulation gilt. Als Folge kann es zu einer Abschwächung der ozeanischen Zirkulation kommen. Studien zeigen, dass sich die atlantische Umwälzströmung (Atlantic Meridional Overturning Circulation, AMOC), welche das Klima vor allem in Europa maßgeblich prägt, bereits abgeschwächt hat und womöglich auf einen Kipppunkt zusteuert. Laut wissenschaftlichen Studien ist zudem bereits eine Verlangsamung des Golfstrom-Systems zu verzeichnen (vgl. Nature 2018, Nature Geoscience 2021 zit. nach Potsdam-Institut für Klimawandelforschung).

99

Auswirkungen auf Ökosysteme

Der Eisbär ist ein trauriges Symbol für die Folgen des Klimawandels. Mit dem Rückgang des Meereises gehen die Jagdgründe und damit auch der Lebensraum der Eisbären verloren. Das Schwinden des Meereises hat auch für viele andere Lebewesen – vom Plankton bis hin zu Fischen und Vögeln – weitreichende Auswirkungen.



Der Meeresspiegel steigt

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts ist der Meeresspiegel um rund 20 cm gestiegen. Neben dem Schmelzen der weltweiten Eismassen von Eisschilden und Gletschern ist dies auch auf die Wärmeausdehnung des Wassers zurückzuführen. Durch die Erhöhung der globalen Mitteltemperatur haben sich die Ozeane erwärmt. Das Wasser der Ozeane dehnt sich aus und führt somit zum Anstieg des Meeresspiegels (siehe Versuch Meerespiegelanstieg durch Erwärmung S. 42). Aktuellen Schätzungen zufolge wird der Meeresspiegel bis zum Jahr 2100 um 25 cm bis über einen Meter steigen, je nachdem wie viel CO₂ ausgestoßen wird.

Durch den Anstieg des Meeresspiegels kommt es zu Überflutungen und Erosionen in Küstengebieten und Niederungsregionen. Bereits jetzt sind Regionen betroffen, wie etwa der Inselstaat Kiribati im Pazifischen Ozean, dessen überwiegende Landfläche sich weniger als zwei Meter über dem Meeresspiegel befindet.

Bei einem Temperaturanstieg von 2 °C über dem vorindustriellen Niveau wären ungefähr 130 Millionen Menschen vom höheren Meeresspiegel betroffen. Eine Klimaerwärmung um vier Grad Celsius würde hingegen weltweit 470 bis 760 Millionen Menschen gefährden, die an Fluss- und Meeresküsten leben (sealevel.climatecentral.org).

Gletscher schwinden

Weltweit haben fast alle beobachteten Gletscher an Masse verloren. In den letzten Jahren beschleunigte sich der Rückgang der Gletscher deutlich. Nur wenige Ausnahmen, wie etwa Gletscher in Skandinavien, zeigen keinen Rückgang, was auf die erhöhten Niederschlagsmengen in diesen Regionen zurückzuführen ist. Gletscher reagieren aufgrund ihrer Trägheit nur langsam auf Veränderungen und sind gute Zeiger des Klimawandels. Die starke Reaktion der Gletscher auf bereits relativ geringe Temperaturerhöhungen lässt darauf schließen, dass bei einer globalen Erwärmung um mehrere Grad die meisten Gebirgsgletscher der Erde verschwinden werden.

Rückgang alpiner Gletscher

Auch bei den alpinen Gletschern ist ein massiver Rückgang zu beobachten. Seit der Industriellen Revolution haben die Gletscher der Alpen mehr als die Hälfte ihrer Masse verloren. Laut Prognosen werden die Gletscherzungen der Ostalpen in nur zehn bis zwanzig Jahren verschwunden sein.



Die Pasterze, der größte Gletscher Österreichs, schmilzt sehr stark, besonders im Bereich der Gletscherzunge.

Auswertung der von der ZAMG vermessenen Gletscher in den Hohen Tauern: Die Pasterze am Großglockner verlor innerhalb eines Jahres im Mittel zwei Meter an Eisdicke, die kleinen Gletscher am Sonnblick ebenfalls zwei Meter.



Der Rückgang der Gletscher hat weitreichende Auswirkungen auf Ökosysteme, Trinkwasserund Energieversorgung sowie den Tourismus in den Alpen. Gletscher spielen eine wichtige Rolle für die Stabilisierung des Abflussverhaltens alpiner Flüsse. Diese werden gerade im Sommer, wenn der Niederschlag und somit der Wasserstand der Flüsse geringer ist, durch Schmelzwasser des Gletschers gespeist. Dies wirkt sich u. a. auf die Trinkwasserversorgung und Wasserkraftproduktion sowie die Lebewesen im und am Wasser aus. Durch die großen Flüsse Donau, Po, Rhein und Rhône sind mehr als 100 Millionen Menschen direkt von den Auswirkungen des Gletscherrückgangs betroffen, insbesondere was die Trinkwasser- und Energieversorgung betrifft.

Auftauen von Permafrostböden

Durch die globale Erwärmung beginnen Permafrostböden aufzutauen. Permafrostböden sind Böden, die das ganze Jahr über gefroren bleiben. Sie befinden sich in Gebirgsregionen und in den polaren Breiten. Wenn Permafrostböden in Gebirgsregionen auftauen, werden Abhänge instabil, was zu Bergstürzen und Murenabgängen führen kann.

In polaren Regionen besteht die Gefahr, dass Gebäude und Infrastruktur, die im Permafrost verankert sind, beim Auftauen der Böden im Schlamm einsinken. Auch Bäume fallen um, wenn sie im weich gewordenen Boden keinen Halt mehr finden. Weitere lokale Auswirkung auf die Natur ist das Versickern von Seen, welche sich im Sommer normalerweise oberhalb der Permafrostschicht bilden und Tieren Trinkwasser bieten.

Eine Gefahr von globaler Dimension stellt die Freisetzung von Treibhausgasen durch das Tauen des Permafrosts dar. Permafrostböden speichern große Mengen an Kohlenstoff. Das größte Reservoir liegt dabei in den Böden der Arktis, wo 1.700 Gigatonnen – fast die Hälfte

des globalen organischen Bodenkohlenstoffes – gelagert sind. (Zum Vergleich: In der Atmosphäre wird mit 800 Gigatonnen nur halb so viel Kohlenstoff als CO_2 gespeichert.) Im Permafrost wurden über Tausende von Jahren Überreste von Tieren und Pflanzen konserviert, in denen Kohlenstoff gespeichert ist. Tauen die Böden nun auf, sind diese mikrobiellen Abbauprozessen unterworfen. Die Mikroorganismen im Boden wandeln den Kohlenstoff in Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4) um, welche als treibhauswirksame Gase in die Atmosphäre entlassen werden. Das Tauen der besonders stark kohlenstoffhaltigen Yedoma-Permafrostböden in Ostsibirien stellt eines der möglichen Kippelemente im Klimasystem dar (siehe Kapitel 1, Kippelemente, Eiskörper).

Extremereignisse: Hitzewellen, Dürren, Überflutungen, Stürme

Die beobachteten Zunahmen der Häufigkeit und Intensität von Klima- und Wetterextremen, darunter Hitzeextreme an Land und im Meer, Starkniederschlagsereignisse, Dürre und Brandwetter, haben zu weitverbreiteten und tiefgreifenden Folgen für Ökosysteme, Menschen, Siedlungen und Infrastruktur geführt.

6. Sachstandsbericht des IPCC: Klimawandel. 2022 Folgen, Anpassung und Verwundbarkeit—Zusammenfassung für die politische Entscheidungsfindung

Die Erwärmung der Erdatmosphäre wirkt sich regional unterschiedlich aus. Je nach Region können mit größerer Wahrscheinlichkeit Hitzewellen und Dürreperioden auftreten bzw. das Risiko für Starkregenereignisse und Überflutungen steigen.

So zeichnet sich auch innerhalb Europas ein unterschiedliches Bild ab: In Süd- und Mitteleuropa kommt es häufiger zu Hitzewellen, Waldbränden und Dürren. In Nordeuropa wird das Klima hingegen feuchter, wodurch die Gefahr für winterliche Überschwemmung steigt. Die Frequenz der Sturmtage steigt in Europa generell an, während die Sturmtätigkeit im Mittelmeerraum abnimmt.

Weltweit sind durch die Klimaerwärmung die Zahl der Hitzerekorde und Hitzewellen gestiegen. Seit vierzig Jahren gab es auf der Erde kein Jahr mehr, das kühler war als der Durchschnitt des 20. Jahrhunderts. Länger anhaltende Hitze stellt ein gesundheitliches Risiko, insbesondere für Kinder und ältere Menschen dar. Auch in Österreich nimmt die Anzahl an Hitzetagen zu.

Dürren führen zu Ernteeinbußen in der Landwirtschaft und gefährden neben der Lebensmittelversorgung auch die Trinkwasserversorgung und Ökosysteme.

Klimawandelbedingt ist auch mit einer Zunahme von besonders starken tropischen Wirbelstürmen mit heftigen Niederschlägen zu rechnen, wobei die Anzahl an tropischen Wirbelstürmen insgesamt künftig abnehmen könnte.





Auswirkungen auf Ökosysteme und Artenvielfalt

Der Klimawandel wirkt sich bereits auf die Natur aus, von der genetischen Vielfalt bis zu den Ökosystemen. Er stellt aufgrund des beschleunigten Tempos des Wandels und der Wechselwirkungen mit anderen direkten Triebkräften ein wachsendes Risiko dar.

IPBES (2019): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger des globalen Assessments der biologischen Vielfalt und Ökosystemleistungen.

Ökosysteme beruhen auf den vielfältigen Beziehungen von Lebewesen untereinander und zu ihrer Umwelt. Das Klima ist einer von mehreren Faktoren, die auf diese komplexen Systeme einwirken. Dass Klimaänderungen starke Auswirkungen auf Ökosysteme haben können, zeigen auch Ereignisse in der Klimageschichte. So wurden etwa die Wälder Nord- und Mitteleuropas in Eiszeiten massiv zurückgedrängt und mussten sich in Warmzeiten erst wieder etablieren. Heute nutzt der Mensch den Großteil der Landflächen für seine Zwecke. Nur mehr 20 Prozent sind weitgehend ungestört. Dadurch verbleiben weniger Rückzugsgebiete für Arten, die sich aufgrund des Klimawandels in kühlere Regionen zurückziehen müssten. Oft sind die Naturräume nicht miteinander verbunden, sondern durch Straßen, Städte und landwirtschaftlich intensiv genutzte Flächen etc. "zerschnitten", wodurch die Besiedlung neuer Lebensräume behindert wird.

Arten, die sich nicht an die geänderten klimatischen Bedingungen anpassen oder in andere geeignete Gebiete wandern können, sterben aus. Aber selbst Arten, die neue klimatisch passende Lebensräume erreichen, finden sich vermutlich in neuen Lebensgemeinschaften wieder, da nicht alle Arten simultan mitwandern. Dies führt besonders bei spezialisierten Arten zu Problemen und kann dazu führen, dass Ökosysteme weniger artenreich und komplex werden.



Um mit dem zu erwartenden Tempo der Erderwärmung Schritt zu halten, müssten sich Arten bis Ende dieses Jahrhunderts mehrere Tausend mal schneller anpassen, als sie es in der bisherigen Erdgeschichte taten (klimafakten.de).

Zusätzlich zum Klimawandel stehen Tier- und Pflanzenarten durch Naturraumzerstörung, Verschmutzung von Böden, Luft und Wasser, Pestizideinsatz, eingeschleppte invasive Arten, Bejagung, Überfischung etc. unter Druck. Es ist zu befürchten, dass es noch in diesem Jahrhundert zu einem massiven Artenverlust kommt. Laut UN Biodiversitätsbericht (2019) schreitet der Verlust von Biodiversität und Ökosystemleistungen mit einer noch nie dagewesenen Geschwindigkeit voran. Laut Bericht des Weltbiodiversitätsrats IPBES (2019) sind weltweit etwa 1 Million Arten von insgesamt etwa 8 Millionen Arten unmittelbar vom Aussterben bedroht. Eine neuere internationale Studie geht sogar von einer doppelt so hohen Anzahl gefährdeter Arten aus (PLOS One 2023).

Die Biosphäre, von der die gesamte Menschheit abhängt, wird auf allen Ebenen in einem beispiellosen Ausmaß verändert. Die biologische Vielfalt – die Vielfalt innerhalb von Arten, die der Arten selbst und die der Ökosysteme – nimmt schneller ab als je zuvor in der Geschichte der Menschheit.

IPBES (2019): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger des globalen Assesments der biologischen Vielfalt und Ökosystemleistungen.

Naturschutzmaßnahmen wie der Erhalt und die Einrichtung von Nationalparks und anderen Naturschutzgebieten sowie Korridoren, welche die geschützten Gebiete verbinden, tragen viel zum Erhalt der Artenvielfalt bei. Der amerikanische Biologe Edward O. Wilson geht mit seinem Vorschlag soweit, die Hälfte der Erde der Natur zu überlassen.

Die mit dem höchst dotierten Europäischem Umweltpreis ausgezeichnete Meeresbiologin Antje Boetius, macht den Zusammenhang zwischen Klimawandel, Energienutzung und Artenverlust deutlich:

"Ich denke seit einiger Zeit darüber nach, ob nicht der schnellste Weg zum Artenerhalt ist, endlich damit aufzuhören, fossile Brennstoffe so billig bereitzustellen und zu verbrauchen. Billige Energie ist eng verknüpft mit dem Verlust von Lebensräumen und Arten und die Ursache für den Klimawandel. Wir gehen so zerstörerisch mit dem Land und den Meeren um, weil es so billig ist, aus Regenwald Ackerfläche zu machen und die Meere leer zu fischen. Deswegen bin ich auch dafür, den Verbrauch von und die Schäden durch fossile Brennstoffe zu besteuern und Subventionen zu stoppen, wo sie Umweltschäden erzeugen." Die Zeit (2019, Nr. 2), Interview "Menschen, kümmert euch darum!"

Phänologische Änderungen: Wenn der Frühling früher beginnt

Viele Änderungen in Ökosystemen sind bereits zu beobachten. Phänologische Beobachtungen (periodisch im Jahresverlauf wiederkehrende Ereignisse im Lebenszyklus von Organismen, wie Knospung, Blütenbildung, Wanderungen oder Generationszyklen) zeigen u.a., dass sich die Vegetationsperioden verlängert haben bzw. früher einsetzen. Die stärksten phänologischen Änderungen werden in Europa im Frühling beobachtet. So setzt beispielsweise die Apfelblüte in Österreich im Mittel zwei Wochen früher ein als noch vor 40 Jahren.

Auch im Tierreich zeigen sich phänologische Veränderungen, wie etwa bei Standvögeln, die früher im Jahr zu brüten beginnen. Bei verschiedenen Zugvögeln (bei Kurz- und Mittelstreckenziehern) wurden Veränderungen beobachtet, wie frühere Abflüge aus den Winterquartieren oder kürzere Flugrouten. Manche Arten können aufgrund der wärmeren Temperaturen weitere Generationen ausbilden. Das kann insbesondere bei bei Schadinsekten in der Landoder Forstwirtschaft, wie etwa dem Borkenkäfer, zu großen Ertragsverlusten führen.



Veränderung von Verbreitungsgebieten: Abwanderung in kühlere Bereiche

Vegetationszonen und Verbreitungsgebiete verändern sich infolge der Klimaerwärmung. So verschiebt sich die Baumgrenze in höhere Lagen bzw. vom Äquator Richtung der Pole. Auf der Nordhemisphäre breiten sich wärmeliebende Arten nach Norden aus, während kälteliebende, alpine Arten zurückgehen oder in höhere Lagen abwandern. Für die alpine Flora und Fauna stellt die Klimaerwärmung eine besondere Gefahr dar – wenn diese den Gipfel erreicht haben, können sie nicht mehr weiter nach oben wandern. Auch viele andere Tierarten, wie der Eisbär, haben keine Möglichkeit in passende kühlere Gebiete auszuweichen – und sind somit vom Aussterben bedroht. Marine Arten wandern in Richtung der Pole oder in größere Meerestiefen hinab.

Verbreitung eingeschleppter Arten: Ambrosia, Tigermücke & Co

Eingeschleppte gebietsfremde Arten können auf ihren neuen Lebensraum negative ökologische und ökonomische Auswirkungen haben. Global betrachtet gelten die sogenannten invasiven Neobiota als eine der wichtigsten Ursachen für den Verlust von Artenvielfalt.

Oft können gerade gebietsfremde Arten klimatischen Änderungen rascher folgen. Insbesondere wärmeliebende, anpassungsfähige Arten profitieren von Lebensraumänderungen. Ein bekanntes Beispiel ist Ambrosia (Ambrosia artemisiifolia), auch als Ragweed bekannt. Diese hoch allergene Pflanze, die ursprünglich aus Nordamerika stammt, wurde bereits im 19. Jahrhundert nach Europa gebracht, wo sie sich zunächst im Mittelmeerraum ansiedelte. In Österreich hat sie sich erst um die Jahrtausendwende etabliert.

Auch verschiedene Tierarten aus ursprünglich wärmeren Regionen können sich etablieren und andere Arten verdrängen. Problematisch ist auch die Ausbreitung von Stechmückenarten, die gefährliche Krankheiten übertragen können, wie etwa die Asiatische Tigermücke oder landwirschaftlich schädliche Arten, wie der Maiswurzelbohrer.

Versauerung der Ozeane

Die Ozeane nehmen rund 22 Prozent der menschengemachten CO₂-Emissionen auf. Als CO₂-Senken schwächen Ozeane somit die globale Erwärmung ab. Durch die höhere CO₂-Konzentration ändert sich der pH-Wert der Meere. Wenn sich CO₂ in Meerwasser löst, reagiert es mit Wasser und bildet Kohlensäure. Die fortschreitende Versauerung der Ozeane ist für zahlreiche Lebewesen im Meer schädlich, insbesondere für jene, die Kalkschalen ausbilden. Zusätzlich zur Versauerung setzt die zunehmende Erwärmung der Ozeane viele Meeresbewohner unter Stress. Bei Korallen kann dies zu Korallenbleiche und schließlich zum Tod führen. So sind auch die tropischen Korallenriffe, die nach den tropischen Regenwäldern die artenreichsten Lebensräume der Welt bilden, stark gefährdet. Ist ein Riff erst einmal zerstört, dauert es mehrere tausend Jahre, bis es wieder nachwächst (siehe auch Kapitel 1, Kippelemente).



Korallenbleiche

Gesundheitliche Auswirkungen

Der Klimawandel stellt laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) die größte Gesundheitsbedrohung der Menschheit dar. Direkte Folgen der Klimaerhitzung sind hitzebedingte Beschwerden, wie Erkrankungen des Herzens, des Kreislaufsystems und der Atemwege. Hitze beeinträchtigt vor allem die Gesundheit von Kindern, älteren und geschwächten Menschen. Besonders belastend ist Hitze in städtischen Gebieten. Aufgrund des "Wärmeinsel-Effektes", der durch Straßen und Gebäude verursacht wird, ist es in Städten künstlich wärmer als in ihrer Umgebung, und es kühlt auch in den Nächten weniger stark ab.

Neben einem Anstieg der hitzebedingten Sterblichkeit ist auch das Risiko für Todesfälle infolge von Stürmen, Überflutungen und Erdrutschen gestiegen.

Auch indirekte Folgen, wie die verstärkte Ausbreitung von durch Insekten übertragene Krankheiten (wie beispielsweise Dengue-Fieber und Malaria) stellen, insbesondere in den Ländern des globalen Südens, ein großes Problem dar. Auch Durchfallerkrankungen und Unterernährung sind in diesen Ländern ein zunehmendes Problem, das zumindest teilweise auf die globale Erwärmung zurückzuführen ist.

Landwirtschaft und Ernährungssicherheit

Durch den fortschreitenden Klimawandel wird der Wasserkreislauf beschleunigt und intensiver. Trockengebiete werden aufgrund der zunehmenden Verdunstung immer trockener und feuchte Gebiete noch feuchter. Zunehmende Wetterextreme wie Hitzeperioden und Starkregenereignisse wirken sich negativ auf die Landwirtschaft aus.

Insbesondere in den Regionen der Subtropen und Tropen ist mit Ernteeinbußen und -ausfällen zu rechnen, was zur Verschärfung der Probleme in diesen meist ohnehin schon wirtschaftlich benachteiligten Regionen führt. Auch die – teilweise durch den fortschreitenden Klimawandel bedingte – Ausbreitung von Schädlingen und der Verlust von Artenvielfalt (z.B. bestäubende Insekten und andere Nützlinge) wirken sich auf Ernteerträge negativ aus.

In nördlicheren Breiten, wie etwa in Nordeuropa oder Kanada, kann es durch eine geringe Erhöhung der Durchschnittstemperaturen auch zu positiven Effekten in der Landwirtschaft kommen. Auch in Österreich ist, wie bereits erwähnt, eine Verlängerung der Vegetationsperiode zu beobachten. Dies kann beispielsweise im alpinen Grasland zu mehr Ertrag führen und eine intensivere Nutzung möglich machen, allerdings auch einen Verlust von Arten mit sich bringen. Allgemein kann eine Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur bis zu einem gewissen Grad zu einer besseren Wachstumsrate von landwirtschaftlich relevanten Pflanzen führen. Bei Überschreitung dieses Punktes nimmt der Ertrag allerdings ab. Bis zu einem gewissen Maß fördert auch eine erhöhte CO2-Konzentration in der Luft stärkeres Pflanzenwachstum. Allerdings setzt dies ausreichende Verfügbarkeit von Nährstoffen und Wasser voraus. Gerade die Verfügbarkeit von Wasser ist in vielen Regionen ein limitierender Faktor. Global betrachtet würde eine Erwärmung der globalen Mitteltemperatur von mehr als 1,5 °C bis 2 °C - neben all den oben beschriebenen dramatischen negativen Auswirkungen - mit großer Wahrscheinlichkeit auch zu einer starken Abnahme der Ernteerträge führen. Dies stellt in Anbetracht der wachsenden Weltbevölkerung ein besonders schwerwiegendes Problem dar.

Flucht und Klimawandel

Es gibt mehrere Gründe, warum sich Menschen gezwungen sehen, ihre Heimat zu verlassen. Der Klimawandel verstärkt verschiedene Ursachen, die Menschen in die Flucht treiben. So können Wetterextreme, wie Überflutungen oder lange andauernde Dürreperioden und damit einhergehende Ernteausfälle die Lebensgrundlage von vielen Menschen, die in der Landwirtschaft arbeiten und von ihr leben, gefährden. Die Verknappung nutzbarer Flächen und Ressourcen kann zu Konflikten und mitunter auch zu kriegerischen Auseinandersetzung führen. Nach Angaben des Flüchtlingswerks der Vereinten Nationen (UNHCR) nimmt die klimabedingte Vertreibung von Menschen weltweit zu.

Literaturtipp: IG Windkraft (2017): Fluchtursache Klimawandel. Energiewende jetzt. Unterrichtsmaterial ab der 8. Schulstufe.



Auswirkungen des Klimawandels in Österreich

Der Alpenraum ist wie kaum eine andere Region in Europa vom Klimawandel betroffen. Während die globale Mitteltemperatur seit Mitte des 19. Jahrhunderts etwas über 1 °C gestiegen ist, sind es in Österreich über 2 °C.

Wir können bereits einige der oben beschriebenen Auswirkungen des Klimawandels direkt beobachten, wie etwa den Anstieg der Schneefallgrenze und das Schwinden der Gletscher.

Durch die Erwärmung verschieben sich auch die Baum- und Vegetationsgrenze in höhere Lagen. Im Gebirge nimmt die Temperatur bekanntlich mit zunehmender Höhe ab. Im Jahresmittel sind dies 0,6 °C pro 100 Höhenmeter. Somit entspricht der hierzulande gemessene Temperaturanstieg von 1,5 °C in den letzten Jahrzehnten einer Verschiebung der mittleren Temperaturverhältnisse um rund 250 Höhenmeter im Alpenraum. Dies ist insbesondere für kälteliebende Tier- und Pflanzenarten, die oberhalb der Baumgrenze leben, problematisch, da diese in immer höhere Regionen ausweichen müssen.



Steinböcke leiden unter der Klimaerwärmung. Dort, wo es möglich ist, weichen sie bei wärmeren Temperaturen in höhere, kühlere Lagen aus. Infolge des Klimawandels hat sich auch die Vegetationsperiode verlängert. Wie oben erwähnt, setzt beispielsweise die Apfelblüte im Mittel zwei Wochen früher ein als noch vor 40 Jahren. Außerdem können verschiedene Schadinsekten, wie etwa der Borkenkäfer oder der Apfelwickler mehrere Generationen ausbilden und so stärkere Schäden in der Forst- bzw. Landwirtschaft bewirken. Extremereignisse wie Hitze und Dürren setzen die Landwirtschaft zunehmend unter Druck.

Die wärmeren Temperaturen begünstigen die Ausbreitung wärmeliebender invasiver Arten, wie etwa der Ambrosia (Ragweed).

Die Anzahl an Hitzetagen und Hitzewellen sowie Tropennächten nimmt zu. So wurden im Jahr 2003 in Österreich erstmals mehr als 40 Hitzetage, also Tage mit Höchstwerten von ≥ 30 °C, gezählt. Auch in den Jahren 2015, 2017 und 2018 kamen ähnlich viele Hitzetage vor. Mit einem weiteren Anstieg an Hitzetagen ist künftig zu rechnen.

Für manche Bereiche, wie etwa den Tourismus, kann der Klimawandel neben negativen Folgen regional auch positive Auswirkungen zeigen. So sind etwa Skigebiete durch die steigenden Temperaturen und ausbleibenden Schnee im Winter negativ beeinträchtigt, während manche Regionen in Österreich als Naherholungsgebiete und Sommerfrische-Destinationen touristisch beliebter werden könnten.



Literaturtipp: Kromp-Kolb H., Formayer H. (2018): + 2 Grad. Warum wir uns für die Rettung der Welt erwärmen sollten, Molden.

Beispiele für Auswirkungen des Klimawandels in Österreich oben: Insekten, wie der Apfelwickler oder die Asiatische Tigermücke, breiten sich aus. unten: Extremereignisse wie Dürren nehmen zu. Naherholungsgebiete gewinnen an touristischer Bedeutung.



Apfelwickler



Asiatische Tigermücke



Maisfeld bei Dürre



Sommerfrische-Destination Semmering



Aktivitäten

Material: Hintergrundinformationen aus diesem Kapitel, weitere Informationsmaterialien, Internet, wissenschaftliche Publikationen, Schreibmaterial

Ablauf: Die Schüler:innen überlegen, zu welchen Folgen des Klimawandels sie recherchieren möchten und teilen sich in Kleingruppen dem Thema zu, das sie am meisten interessiert.

Folgen des Klimawandels:

- Schmelze des Polareises
- Meeresspiegelanstieg
- Gletscherschwund
- Auftauen von Permafrostböden
- 🟂 Extremereignisse: Hitzewellen, Dürren, Überflutungen, Stürme
- Auswirkungen auf Ökosysteme und Artenvielfalt
- Versauerung der Ozeane
- Gesundheitliche Auswirkungen
- 🐒 Landwirtschaft und Ernährungssicherheit
- Flucht und Klimawandel

Auch die Auswirkungen des Klimawandels in Österreich oder in der Heimatgemeinde können von einer Kleingruppe näher behandelt werden.

Die Ergebnisse der Kleingruppen werden im Plenum kurz präsentiert. Im nächsten Schritt werden gemäß dem Motto "Vom Wissen zum Handeln – Was können wir tun?" (siehe auch Kapitel 5) gemeinsam klimafreundliche Handlungsoptionen erarbeitet. Die Ergebnisse der Recherchen können grafisch ansprechend aufbereitet und in einer Ausstellung in der Schule präsentiert werden.

Versuch Meeresspiegelanstieg: Nordpol/arktisches Meereis und Südpol/Festlandeis

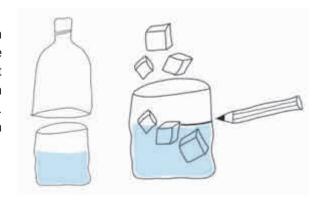
Material: Eiswürfel, zwei PET-Flaschen ohne Deckel, Stift

Die Auswirkungen auf den Meeresspiegelanstieg sind bei arktischem Meereis und antarktischem Festlandeis unterschiedlich. Das Schmelzen des arktischen Eises hat kaum direkte Auswirkungen auf den Meeresspiegelanstieg, denn – ähnlich wie Eiswürfel im Wasserglas bzw. hier in der PET-Flasche – bleibt der Wasserstand gleich wenn das Eis auf dem Meer schmilzt. Anders verhält es sich bei den Eisschilden auf dem antarktischen Festland (und auch auf Grönland), wo sich die Eismassen auf dem Festland befinden und daher die Eisschmelze zu einem Anstieg des Meeresspiegels führt.

Anleitung:

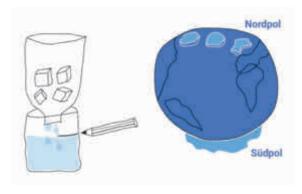
Experiment arktisches Meereis/Nordpol

Schneiden Sie eine PET-Flasche in zwei Teile. Verwenden Sie den Unterteil als Becher. Füllen Sie diesen Becher ca. bis zur Hälfte mit Wasser und Eiswürfeln. Markieren Sie den Wasserstand mit einem Stift. Dieser Becher symbolisiert den Nordpol mit dem arktischen Meereis. Nun warten Sie bis das Eis geschmolzen ist. Kontrollieren Sie nun den Wasserstand. Der Wasserstand hat sich nicht verändert.



Experiment Festlandeis/Südpol

Die zweite PET-Flasche symbolisiert den Meeresspiegel am Südpol. Unter den Eismassen am Südpol befindet sich Festland. Schneiden Sie die PET-Flasche auseinander. Auf diese Weise erhalten Sie einen Becher. Stellen Sie den Becher auf, den Sie ca. bis zur Hälfte mit Wasser füllen. Markieren Sie den Wasserstand mit einem Stift. Geben Sie nun den oberen Teil der PET-Flasche verkehrt herum auf den



unteren Teil wie bei einem Trichter (siehe Skizze). Dieser symbolisiert das Festland. Nun füllen Sie den Trichter mit Eiswürfeln. Was passiert nun, wenn es zur Klimaerwärmung kommt? Das Wasser gelangt vom Festland (dem Trichter) in das Meer (den Becher). Der Meeresspiegel (Wasserstand) steigt.

Versuch – Anstieg des Meeresspiegels durch Erwärmung

Material: eine kleine Glas- oder PET-Flasche, ein Flaschenverschluss, der leicht durchstoßen werden kann bzw. Plastilin oder Kaugummi; ein dünner, durchsichtiger Strohhalm, Tinte oder Lebensmittelfarbe

Ablauf: Die Flasche wird bis zum Rand mit gefärbtem Wasser befüllt. Danach wird diese mit einem Verschluss, in dem ein Strohhalm steckt, dicht verschlossen. Alternativ wird die Flasche, in der sich bereits ein Strohhalm befindet, mit Plastilin oder Kaugummi versiegelt. Der Strohhalm darf den Flaschenboden nicht berühren.

Die Aufgabe der Schüler:innen ist es, herauszufinden, wie der Wasserspiegel in der Flasche (im Falle einer PET-Flasche ohne Drücken) zum Steigen gebracht werden kann.

Der Versuch gelingt umso besser, je kälter das Wasser zu Beginn in der Flasche ist. Es kann erwärmt werden, indem es in die Hände genommen bzw. in die Sonne oder auf die Heizung gestellt wird. Am anschaulichsten ist das Ergebnis, wenn die Flasche in einen mit heißem Wasser gefüllten Behälter gestellt wird.



Eisschollen - Schmelzen des Polareises

Material: Papierblätter

Ablauf: Zu Beginn des Spiels stehen alle Schüler:innen auf einer Seite des Raumes. Jede:r steht als Eisbär auf einer eigenen Eisscholle (Papierblatt). Da die Eisschollen schmelzen, wollen die Teilnehmer:innen das rettende Festland auf der anderen Seite des Raumes erreichen, wobei kein Eisbär zurückbleiben darf. Die Eisbären dürfen sich nur auf den Eisschollen vorwärts bewegen, der Boden darf nicht berührt werden. Durch die Sonneneinstrahlung und die Erwärmung schmelzen die Eisschollen Stück für Stück. Das bedeutet, dass die Spielleitung Stücke von den Papierblättern abreißt oder Eisschollen, auf denen kein Eisbär steht, entfernt. Erreichen die Eisbären das Land, ist das Spiel gewonnen.

Bei dieser Methode kommt es zu Körperkontakt. Sollte dies für einzelne Schüler:innen unangenehm sein, können sie jederzeit aus dem Spiel aussteigen.

Gletscher im Wandel der Zeit

Material: Internet, Schreibmaterialien

Ablauf: Die Schüler:innen ermitteln anhand von Bildern aus dem Internet die Auswirkung der Erderwärmung auf unsere Gletscher. Sie halten ihre Erkenntnisse schriftlich fest und teilen ihre Erkenntnisse mit der Klasse.

www.gletscherarchiv.de/fotovergleiche/gletscher_liste_oesterreich/ gletschervergleiche.ch/Pages/ImageCompare.aspx?ld=1

Links siehe pdf -Download: www.klimabuendnis.at/oesterreich/materialien/klimafakten-klimawandel/

Klima Zeitmaschine

Material: Internet

Ablauf: Die Schüler:innen besuchen eine Internetseite der NASA, die eine Visualisierung der Veränderung klimatischer Schlüsselindikatoren im Zeitablauf ermöglicht. Sie interpretieren ihre Beobachtungen und diskutieren das Ergebnis in der Klasse.

climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine

Versuch: Löslichkeit von CO₂ in Wasser und der Einfluss von Temperatur

Material: zwei Flaschen mit kohlensäurehaltigem Getränk, zwei Luftballons, Klebeband

Ablauf: Die zwei Flaschen müssen zu Beginn des Versuchs idente Ausgangstemperatur (Zimmertemperatur) haben. Beide Flaschen werden geöffnet und über jeden Flaschenhals werden sofort idente Luftballons (bitte vorher einmal aufblasen und Luft wieder ablassen) gezogen und mit Klebeband abgedichtet. Im Anschluss wird eine Flasche in den Kühlschrank gestellt (Alternative: Kühltasche mit ausreichend Volumen). Die andere Flasche kann im Wasserbad erwärmt oder in die Sonne gestellt werden (Alternative: mit einer Infrarotlampe bestrahlen). Da sich CO₂ in warmem Wasser schlechter löst, wird sich der Luftballon in der erwärmten Flasche aufblasen. Der Luftballon fängt das freiwerdende Gas quasi auf.

In gewissen Zeitintervallen werden die beiden Luftballons verglichen. Die Schüler:innen notieren in Einzelarbeit, ob sich diese unterscheiden. Falls ja, warum? Danach werden die Ergebnisse diskutiert und die Gründe erforscht.

Leseblatt Klimawandel lässt Schneehasen braun werden

Material: Leseblatt, Schreibmaterial

Ablauf: Die Schüler:innen lesen den Text, jede:r für sich. Danach werden zu dem Artikel Fragen gestellt und in der Gruppe diskutiert.

Fragenbeispiel:

Welche Maßnahmen können im Sinne der Klimawandelanpassung hier für die Erhaltung der Biodiversität/Artenvielfalt gesetzt werden?

Notizen



Leseblatt

Klimawandel lässt Schneehasen braun werden

Winterweiße Arten reagieren mit Anpassung von Fell oder Federn auf klimatische Veränderungen. Forscher fordern Schutzgebiete für betroffene Spezies.

Durch den Klimawandel werden die Tage mit schneebedeckter Landschaft seltener. Tiere wie Schneehasen und -hühner verzichten daher zunehmend auf ihre weiße Garderobe. Zonen, in denen heute weiße und braune Individuen im Winter vorkommen, seien für die Anpassung der Tiere an zukünftiges Klima besonders wichtig und schützenswert, berichtet ein Forscherteam mit österreichischer Beteiligung im Fachjournal "Science". Weltweit kennt man 21 Arten von Säugetieren und Vögeln, die ihr Fell oder Federkleid farblich der Jahreszeit anpassen, um besser getarnt zu sein, so die Forscher um Scott Mills von der University of Montana. Vier davon leben auch in Österreich, erklärte Koautor Klaus Hackländer von der Universität für Bodenkultur (Boku) in Wien: Schneehase, Schneehuhn, Hermelin und Mauswiesel.



Foto: © L.S. Mills research photos by Jaco and Lindsey Barnard

Polymorphe Populationen

"In Teilen ihres Verbreitungsgebietes verzichten die Vertreter der Arten aber auf die weiße Umfärbung und bleiben auch im Winter braun, wie etwa Hermeline im Süden der USA oder Schneehasen in Irland", so Mills. Dies sei eine genetische Anpassung, um die Tarnung in Gebieten mit zunehmend spärlicher Schneedecke zu erhalten. In vielen Gebieten werden aber die "Weißphasen" bei den Tieren nur kürzer und verschwinden nicht ganz. Bei manchen Arten gibt es "polymorphe" Populationen, wo ein Teil der Tiere im Winter braun bleibt, und ein Teil zur weißen Tarnung wechselt. Weltweit betrifft dies vier Arten von Schneehasen und drei von Schneewieseln sowie Polarfüchse. In Österreich weiß man dies von Mauswieseln, sagte Hackländer: Im Flachland ist die braune Winterfarbe vorherrschend, im Gebirge kommen mit zunehmender Höhe immer mehr winterweiße Individuen vor. Die stets braunen Individuen seien besser an kürzere Winter angepasst. "Durch sie sind diese polymorphen Populationen darauf vorbereitet, eine rasche Evolution in Richtung Winterbraun anstelle von Weiß zu fördern, wenn sich das Klima ändert", so der Forscher.

Fehlende Schutzgebiete

Aktuell liegen die für die Anpassung an die globale Erwärmung so wichtigen polymorphen Zonen nur zu einem Bruchteil (fünf Prozent) in Schutzgebieten. Hier sollte man nachbessern, schreiben die Forscher. Hackländer: "Um die betroffenen Arten zu erhalten, brauch es mehr Schutzgebiete in diesen Regionen, und man sollte die jagdliche Entnahme einschränken." Wenn man aber nicht gleichzeitig die Kohlendioxidemissionen weltweit reduziert, würden die Klimaeffekte die Fähigkeiten vieler Arten zur Anpassung überfordern, so Mills. Die unterschiedlichen Fellfarben seien letztlich nur eines von vielen Merkmalen, die die Fitness der Tiere in Zeiten des Klimawandels beeinflussen. An Kälte angepasste Tiere müssen zum Beispiel im Winter große Wärmeabgabe vermeiden, was oft über die Reduktion ihres Stoffwechsels passiert, berichtet Hackländer. Auch hier seien wohl genetische Veränderungen nötig, die aber nicht so einfach zu verfolgen sind, wie der Wechsel der äußerlichen Farbe (Der Standard, 18.2.2018).

Quelle: www.derstandard.at/2000074357585/Klimawandel-laesst-Schneehasen-braun-werden

4 Internationale Zusammenarbeit

Klimaabkommen von Paris

Die Klimakrise ist ein globales Problem, das nur gemeinsam gelöst werden kann. Die Weltklimakonferenz von Paris im Jahr 2015 gilt als Meilenstein in der internationalen Klimapolitik. Denn dort wurde ein Abkommen mit verbindlichen Klimazielen für alle 195 Mitgliedsstaaten der UN-Klimarahmenkonvention vereinbart. Die Weltgemeinschaft bekennt sich damit völkerrechtlich verbindlich zu dem Ziel, die Erderwärmung durch den Treibhauseffekt auf unter 2 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Außerdem möchten die Länder "Anstrengungen unternehmen, um den Temperaturanstieg auf 1,5 °C zu begrenzen".

Im Abkommen ist auch festgehalten, dass die globalen Netto-Treibhausgasemissionen in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts auf null reduziert werden müssen. Das heißt, es dürfen dann nur noch so viele Treibhausgase ausgestoßen werden wie im selben Zeitraum durch natürliche und zusätzliche, menschengemachte CO₂-Senken der Atmosphäre wieder entzogen werden.

Das Abkommen enthält auch das Versprechen, dass die Staatengemeinschaft die ärmsten Länder beim Klimaschutz und der Anpassung an den Klimawandel finanziell unterstützt.

Klimarahmenkonvention

Die United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), auch UN-Klimarahmenkonvention genannt, bildet die Grundlage der gesamten Klimadiplomatie. Sie wurde 1992 auf dem UN-Gipfel für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro beschlossen. Die Vertragsstaaten verpflichten sich, "die Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu stabilisieren, das eine gefährliche menschengemachte Beeinträchtigung des Klimasystems vermeidet." Die Vertragsparteien treffen sich jährlich zu den UN-Klimakonferenzen (Conference of the Parties, COP), welche auch als Weltklimagipfel oder Weltklimakonferenz bezeichnet werden. Auf der Weltklimakonferenz von Paris wurde mit dem sogenannten 2-Grad-Ziel erstmals eine klare Festlegung getroffen, was eine "gefährliche menschengemachte Störung des Klimasystems" eigentlich ist. Erstmals wurden alle Staaten völkerrechtlich in die Pflicht genommen, einen nationalen Klimaschutzbeitrag zu leisten.

Klimagerechtigkeit

Die Klimakrise zeigt ein dreifach ungerechtes Phänomen auf:

- Einige wenige Staaten haben mit der Förderung und Nutzung fossiler Energie hauptsächlich zur Klimakrise beigetragen und davon wirtschaftlich profitiert.
- Die Auswirkungen wie Dürren oder Überschwemmungen sind aber hauptsächlich in ärmeren Regionen im Süden spürbar. Oftmals sind die dortigen Bewohner:innen stark von ihrer natürlichen Umwelt abhängig.
- Die Einwohner:innen dieser Regionen haben meist kaum zur Klimakrise beigetragen, und ihre Möglichkeiten, diese einzudämmen und sich daran anzupassen, sind begrenzt.



Demnach gibt es zusammengefasst drei Dimensionen der Ungleichheit, die es hervorzuheben gilt, wenn wir über das Ziel einer klimagerechten Welt sprechen:

- 1. Historische Verantwortung für die Klimakrise
- 2. Verwundbarkeit gegenüber den Folgen der Klimakrise
- 3. Reaktionsmöglichkeiten: Klimawandelanpassung, CO₂-Reduktion und klimapolitischer Einfluss

Laut Klimaabkommen von Paris sollen die ärmsten Länder beim Klimaschutz und der Anpassung an den Klimawandel von reichen Staaten unterstützt werden, was bisher allerdings noch nicht in ausreichendem Maße passiert.

Klimaziele und Ziele für nachhaltige Entwicklung

Auch unter den 17 Zielen für eine nachhaltige Entwicklung stellt der Klimaschutz ein eigenes Ziel dar (engl. Sustainable Development Goals, kurz: SDGs). Diese Ziele, die von den Vereinten Nationen entwickelt und von allen Mitgliedsstaaten unterzeichnet wurden, sollen bis zum Jahr 2030 umgesetzt werden. Es ist wichtig, nachhaltige Entwicklungsziele, insbesondere die Beseitigung von Armut und Verringerung von Ungleichheit, mit den Klimazielen in Einklang zu bringen. Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung sind eng miteinander verknüpft und bedingen einander. So wird auch für das SDG Ziel 13 "Maßnahmen zum Klimaschutz" neben einigen extra angeführten Unterzielen auf die Klimarahmenkonvention und das Klimaabkommen von Paris verwiesen.

IPCC - Weltklimarat

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), auch Weltklimarat genannt, ist ein zwischenstaatliches Gremium, das Wissen über den aktuellen Stand der Klimaforschung zusammenträgt und bewertet. Eingerichtet wurde der Weltklimarat 1988 von UNEP (Umweltprogramm der Vereinten Nationen) und WMO (Weltorganisation für Meteorologie) mit dem Ziel, politischen Entscheidungsträger:innen regelmäßig einen Überblick über die Ergebnisse der Klimaforschung zu geben.

An den Berichten des IPCC wirken jeweils mehrere Hundert Wissenschaftler:innen aus der ganzen Welt mit. IPCC-Verfahren unterliegen einem mehrstufigen Begutachtungsprozess. Die 195 Regierungen der Mitgliedsstaaten erkennen durch ihre Zustimmung zu den IPCC-Berichten deren wissenschaftliche Aussagen an.

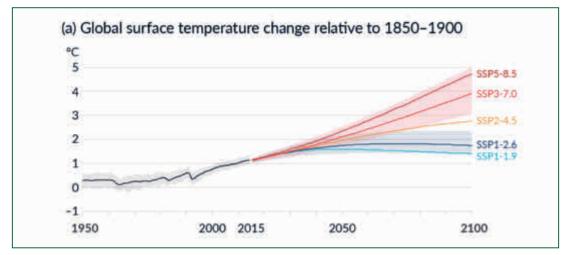
Die IPCC-Sachstandsberichte erscheinen etwa alle sechs Jahre. Dazwischen werden Sonderberichte zu spezifischen Themen veröffentlicht, so auch der Sonderbericht "1,5 °C globale Erwärmung" (siehe S. 48).

Tipp: Vorträge zum 6. IPCC-Sachstandsbericht (Synthese) youtube.com/watch?v=L2mjwoqnbWw youtube.com/watch?v=4L54xASwNcA

Verschiedene Szenarien

Im 6. Sachstandsbericht des IPCC werden verschiedene Szenarien des Klimawandels dargestellt, welche auf den "Shared Socioeconomic Pathways" (SSPs) basieren. Diese Szenarien umfassen Pfade mit hohen CO₂-Emissionen ohne Klimaschutzmaßnahmen bis hin zu Pfaden mit niedrigen CO₂-Emissionen. Die Abbildung 12 zeigt die Veränderung der globalen Oberflächentemperatur – sowohl den bisherigen Anstieg als auch die möglichen Entwicklungspfade bis zum Jahr 2100. Die Bezeichnung "Shared Socioeconomic Pathways" weist auf die Bedeutung von ökonomischen, sozialen und politischen Entwicklungen hin. Die unterschiedlichen Zahlen – etwa 1.9 und 2.6 bei SSP1 – entsprechen dem Strahlungsantrieb von 1.9 W/m² bzw. 2.6 W/m².

Abbildung 12: Mögliche Entwicklung der globalen Temperatur bis zum Jahr 2100 creativecommons.org/ licenses/by/4.0/



Quelle: IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis.

IPCC Sonderbericht 1,5 °C globale Erwärmung

Da CO_2 eine lange Verweildauer in der Atmosphäre hat, wird die globale Temperatur für Jahrhunderte bis Jahrtausende erhöht bleiben, selbst wenn wir unseren CO_2 -Ausstoß in absehbarer Zeit völlig einstellen.

Ziel des Klimaschutzabkommens von Paris ist es, den globalen Temperaturanstieg auf deutlich unter 2 °C, nach Möglichkeit auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Laut IPCC "Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung" (2018) sollte die globale Erwärmung nach Möglichkeit auf 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau begrenzt werden. Eine globale Erwärmung von 2 °C hätte deutlich größere Auswirkungen.

So besteht bei einer Erderwärmung von über 1,5 °C ein erhöhtes Risiko, dass die polaren Eisschilde instabil werden und die Arktis im Sommer öfter eisfrei ist. Auch das Risiko für hohe Temperaturextreme und regional häufigere Starkregenereignisse steigt. Für Korallenriffe ist die Prognose in beiden Fällen verheerend: Bereits bei einer globalen Erwärmung um 1,5 °C werden voraussichtlich 70 bis 90 Prozent der Korallenriffe verloren gehen, bei + 2 °C geht man von einer Verlustrate von 99 Prozent(!) aus. Weitere klimabedingte Risiken für Ökosysteme, Gesundheit, Ernährungssicherheit und Wasserversorgung sind bei einer globalen Erwärmung um 2 °C aller Voraussicht nach ebenfalls noch stärker als bei einem Anstieg um 1,5 °C.

Es ist möglich, das 1,5 °C-Ziel zu erreichen. Allerdings muss sehr rasch gehandelt werden. Falls die Emissionen mit der derzeitigen Geschwindigkeit weitersteigen, würden wir bereits zwischen den Jahren 2030 und 2050 eine globale Erwärmung von 1,5 °C erreichen.

Literaturtipp: Office for Climate Education (2018): IPCC-Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung. Zusammenfassung für Lehrerinnen und Lehrer:



oce.global/de/resources/klimawissenschaft/ipcc-sonderbericht-15degc-globale-erwaer-mung-zusammenfassung-fuer

Wie viel CO₂ dürfen wir noch ausstoßen?

Die globale Temperatur der Erde steigt mit der Gesamtmenge an CO₂, das wir in die Atmosphäre einbringen. Um die Klimaziele von Paris einzuhalten, darf nur noch eine gewisse Menge an CO₂ ausgestoßen werden. Dies wird auch als Kohlenstoff-Budget bezeichnet.

Um das Klimaziel von 1,5 °C einzuhalten, bleibt nur ein kleines Budget an CO_2 , das noch ausgestoßen werden darf. Beim derzeitigem Emissionsniveau (Stand 2023) wird dieses Budget – mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent – bereits in sieben Jahren aufgebraucht sein. Um die globale Erwärmung bei 1,7 °C zu halten, sind es voraussichtlich 15 Jahre, bei 2 °C noch 28 Jahre.

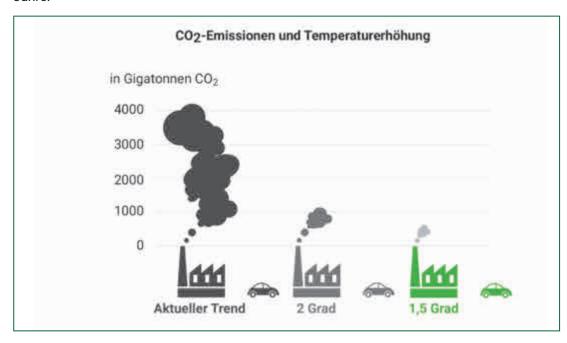


Abbildung 13: Restbudget: Wie viel CO₂ dürfen wir noch emittieren, um die Klimaziele zu erreichen?

Das CO_2 -Restbudget beträgt für das 2-Grad-Ziel 1030 Gigatonnen (mit einer 67-prozentigen Wahrscheinlichkeit) und für das 1,5-Grad-Ziel 380 Gt (mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent) (Klimaschutzbericht 2023).

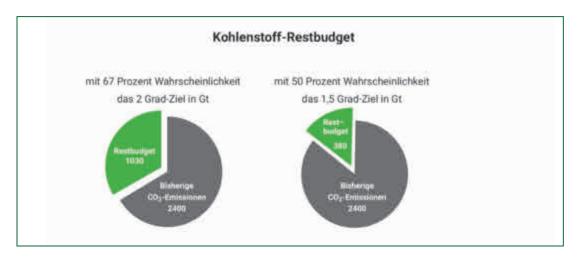


Abbildung 14: Kohlenstoff-Restbudget

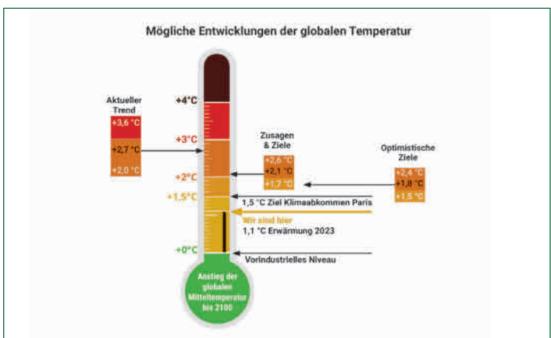
Klimaabkommen von Paris - wo stehen wir?

Das Klimaabkommen von Paris verpflichtet alle Staaten völkerrechtlich, nationale Klimaschutzbeiträge zu leisten. Dabei setzt das Abkommen weitgehend auf Freiwilligkeit. Die Staaten legen alle fünf Jahre "national festgelegte Beiträge" (Intended Nationally Determined Contribution, INDC) vor, welche auch regelmäßig überprüft werden. Es wurde vereinbart, dass jedes Land Bilanzberichte seines CO₂-Ausstoßes offenlegt.

Obwohl die Klimaschutzpläne der Länder laut Klimaabkommen so ambitioniert wie möglich sein sollten, reichen die bisher gesetzten Maßnahmen und Zusagen noch lange nicht aus, um die Klimaziele zu erreichen. Die Grafik zeigt, dass der aktuelle Trend, also die tatsächlichen Maßnahmen auf Grundlage der aktuellen Politik, die Klimaziele deutlich verfehlen. Im besten Fall des "optimistischen Szenarios" ist eine Erderwärumg unter 2 °C wahrscheinlich. Diese geht von der vollständigen Umsetzung aller angekündigten Ziele, einschließlich der Netto-Null- sowie der langfristigen Ziele aus.

Linktipp: climateactiontracker.org/

Abbildung 15: Möglicher Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100.



Aktuell werden jährlich weltweit etwa 42 Gt $\rm CO_2$ durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre eingebracht. Wie bereits erwähnt ist das Restbudget an $\rm CO_2$ für das 2-Grad-Ziel in voraussichtlich ca. 28 Jahren erschöpft. Für das 1,5-Grad-Ziel haben wir noch wesentlich weniger Puffer.

Wie können die Klimaziele von Paris erreicht werden?

Um die Klimaziele von Paris zu erreichen und die globale Erwärmung auf max. 2 °C bzw. 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, müssen wir unsere CO₂-Emissionen möglichst bald auf null reduzieren. Dafür gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Wir können die Emissionen tatsächlich auf null reduzieren – oder auf netto-null. In diesem Fall müssten die CO₂-Emissionen ebenfalls stark reduziert werden. Die noch verbleibenden Emissionen müssten durch Erweiterung natürlicher CO₂-Senken, wie etwa Aufforstung von Flächen oder durch technologische Maßnahmen (siehe CO₂-Abscheidung durch Geo-Engeneering S. 52) aus der Atmosphäre entfernt werden. Maßnahmen im Bereich Geo-Engineering bergen allerdings weitere, teilweise nicht vorhersagbare Risiken.

Ausstieg aus den fossilen Brennstoffen Kohle, Erdöl und Erdgas

Wenn wir den Klimawandel eindämmen möchten, ist es unerlässlich die Nutzung fossiler Brennstoffe drastisch zu reduzieren und nach Möglichkeit auf null herunterzufahren.

"Würde man die gesamten Kohle-, Öl- und Gasvorräte aus den derzeit bekannten Lagerstätten nützen, ergäbe dies eine Menge von ca. 15.000 Gt, also das 15-fache dessen, was für die 2-Grad-Erwärmung zulässig ist. Die Reserven an fossilen Energien dürfen daher keineswegs aufgebraucht werden: Im Gegenteil, der weitaus größte Teil (mehr als 90 Prozent) muss unter der Erde bleiben. Das Pariser Klimaabkommen bedeutet daher im Klartext, dass das Ende der fossilen Energieträger definitiv eingeläutet ist."



Helga Kromp-Kolb, Herbert Formayer (2018): + 2 Grad

Die Nutzung fossiler Energieträger trägt maßgeblich zur Klimakrise bei. Die Verbrennung von riesigen Mengen an Kohle, Erdöl und Erdgas ist die Hauptursache für die Klimakrise. 80 Prozent des weltweiten Energieverbrauches werden derzeit noch über diese drei Energieträger abgedeckt. Maßnahmen im Bereich Energiesparen und Energieeffizienz sowie der Umstieg auf erneuerbare Energie sind wesentliche Beiträge zur Erreichung der Klimaziele. So kann durch eine bessere Isolierung von Gebäuden der Heizbedarf gesenkt werden – Gebäude sind für ein Drittel des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich. Auch unser Mobilitätssystem, das aktuell stark von fossilen Energieträgern abhängig ist, muss umgestellt werden und umweltfreundliche Mobilitätsformen wie die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, Radfahren und Zu-Fuß-Gehen sowie Sharing-Modelle fördern.

Literaturtipp: Klimabündnis Österreich (2019): Klima und Energie II. Unterrichtsmaterialien für Pädagog:innen der 7.-12. Schulstufe.



Emissionen in der Landwirtschaft reduzieren

Auch die Landwirtschaft trägt maßgeblich zum Klimawandel bei. So wird das stark treibhauswirksame Lachgas (N_2O) insbesondere durch Stickstoffdünger und durch Massentierhaltung freigesetzt. Das ebenfalls treibhauswirksame Methan entsteht u.a. in den Mägen von Wiederkäuern (Rinderhaltung) und beim Reisanbau. Die Vermeidung von synthetischem Stickstoffdünger und Massentierhaltung trägt ebenso wie eine bessere Bodenbewirtschaftung zum Klimaschutz bei. Der Energieaufwand für die Erzeugung von tierischen Nahrungsmitteln ist wesentlich höher als für pflanzliche Nahrungsmittel. Außerdem wird für die Produktion von Futtermitteln viel Fläche benötigt. Oft werden große Flächen an Regenwald für Sojaplantagen gerodet, was ebenfalls zum Treibhauseffekt beiträgt, da diese Flächen im Vergleich zum intakten Regenwald wesentlich weniger CO_2 speichern.

Entwaldung stoppen

Wälder bilden natürliche CO₂-Senken. In der Biomasse der Wälder sowie in den Böden gesunder Wälder sind riesige Mengen an Kohlenstoff gebunden. Die Bewahrung von Wäldern ist auch ein wichtiger Beitrag zum Schutz der Biodiversität. Insbesondere die sehr artenreichen tropischen Regenwälder sind durch großflächige Abholzung und Brandrodung bedroht. Die Entwaldung macht, zusammen mit anderen Veränderungen der Landnutzung, etwa 12 Prozent der globalen anthropogenen CO₂-Emissionen aus.

CO₂-Abscheidung durch Geo-Engineering

In den IPCC Emissions-Szenarien wird auch die Methode der CO₂-Abscheidung berücksichtigt, um die Emissionen auf netto-null zu reduzieren. Die als Carbon Capture and Storage (CCS) bezeichneten Technologie ermöglicht es, das CO₂ auch der Abgasluft von Kraftwerken unter Verwendung von Chemikalien herauszufiltern, zu verflüssigen und in unterirdischen Speichern

zu lagern. Diese Technologie befindet sich noch in der Entwicklungsphase und birgt Risiken, u.a. in Bezug auf die dauerhafte Dichtigkeit der Lagerstätten.

Anpassung an den Klimawandel

Wie bereits erwähnt, wird die globale Erwärmung aufgrund der teilweise sehr langen Verweildauer der Treibhausgase in der Atmosphäre weiter fortschreiten, selbst wenn wir die Treibhausgasemissionen umgehend drastisch reduzieren. Neben dem Klimaschutz müssen wir uns daher auch an die bereits spürbaren sowie die noch zu erwartenden Änderungen des Klimas anpassen.

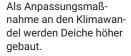
Klimawandelanpassung als Säule der Klimapolitik

Das Klimaabkommen von Paris hebt die Anpassung an den Klimawandel neben dem Klimaschutz als zweite wichtige Säule der Klimapolitik hervor. Es enthält das Versprechen, die Entwicklungsländer beim Klimaschutz und bei der Anpassung an den Klimawandel zu unterstützen.

Es braucht beides: Klimaschutz und Klimawandelanpassung. Wir müssen vermeiden, was sich nicht bewältigen lässt (Klimaschutz), und bewältigen, was sich nicht vermeiden lässt (Anpassung). Idealerweise sind Anpassungsmaßnahmen auch Klimaschutzmaßnahmen (siehe Abbildung 16).

Was bedeutet Klimawandelanpassung?

Die Erwärmung der Erdatmosphäre wirkt sich regional unterschiedlich aus und zeigt sich u.a. in Extremereignissen wie Hitzewellen, Starkniederschlägen oder Trockenheit. Manche Regionen sind von bestimmten Folgen des Klimawandels besonders stark betroffen. So trifft der Meeresspiegelanstieg Bevölkerungsgruppen, die in niedrig liegenden Küstengebieten oder auf Inseln leben. Neben der sogenannten Exponiertheit eines Standortes, also wie stark der Ort Veränderungen ausgesetzt ist, spielt auch die sogenannte Vulnerabilität, also die Verwundbarkeit eine Rolle. So sind etwa Menschen, die für ihre Nahrungsmittelversorgung direkt von der Landwirtschaft abhängig sind, von Dürren besonders stark betroffen und weisen somit eine hohe Vulnerabilität auf.





Mit Klimawandelanpassung sind Vorkehrungen gemeint, die dazu beitragen, dass Umwelt und Gesellschaft besser mit den veränderten Bedingungen umgehen können. Es geht darum, mögliche negative Folgen des Klimawandels zu vermeiden oder zumindest zu verringern, aber auch darum, allfällige Chancen zu nutzen.



Abbildung 16: Klimaschutz und Klimawandelanpassung ergänzen einander und überscheiden sich zum Teil

Besonders sinnvoll sind Maßnahmen, die gleichzeitig zu Klimaschutz und Klimawandelanpassung beitragen.

Beispiel Dämmen von Gebäuden:

Klimaschutz > weniger Heizenergie und damit weniger CO₂ Ausstoß

Klimawandelanpassung > Schutz vor Hitzewellen im Sommer durch gut gedämmte, kühlere Räume, daher keine Klimaanlagen notwendig

Die Bedeutung der Klimaziele für Österreich

Die besorgniserregende Veränderung unseres Klimas ist eine der größten Herausforderungen unserer Generation – in ökologischer, ökonomischer und sozialer Hinsicht. Die österreichische Bundesregierung bekennt sich zu ihrer Verantwortung, die notwendigen Schritte und Weichenstellungen vorzunehmen, um dieser Herausforderung auf allen Ebenen gerecht zu werden und die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens zu erfüllen.

Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020-2024

Um die Klimaschutzziele gemäß der aktualisierten EU-Verordnung zu erreichen, muss Österreich die Treibhausgasemissionen (außerhalb des Emissionshandels) um 48 Prozent gegenüber dem Jahr 2005 reduzieren (Klimaschutzbericht 2023).

Die österreichischen Treibhausgasemissionen liegen seit 1990 durchschnittlich bei etwa 80 Mio. Tonnen CO_2 -Äqulivalenten pro Jahr. In den Jahren 2002 bis 2005 waren die höchsten Werte mit fast 93 Mio. Tonnen zu verzeichnen. Die derzeit aktuellsten verfügbaren Zahlen (Klimaschutzbericht 2023) beziehen sich auf das Jahr 2021, welches wie das Vorjahr durch die globale Corona-Pandemie geprägt war. Die Treibhausgasemissionen Österreichs betrugen im Jahr 2021 77,5 Mio Tonnen CO_2 -Äquivalente und lagen damit um 1,9 % niedriger als im Jahr 1990.

Kohlenstoff-Restbudget

Das Restbudegt an Treibhausgasemissionen, die Österreich noch emittieren darf, um das 1,5-Grad-Ziel zu erreichen, lag Anfang 2022 zwischen 280 Mt CO_2 -Äquivialent und 610 Mt CO_2 -Äquivialent (CCCA 2022).

Woher kommen die Treibhausgase?

Wie bereits in Kapitel 2 dargestellt sind die wichtigsten Verursacher von Treibhausgasemissionen in Österreich die Sektoren Energie und Industrie, Verkehr, Landwirtschaft, Gebäude, Abfallwirtschaft und Fluorierte Gase.

Die Sektoren Energie und Industrie sowie Gebäude haben aufgrund des hohen Anteils an fossilen Energieträgern einen beträchtlichen Anteil an den Treibhausgasemissionen. Davon fallen etwa vier Fünftel auf Industrieemissionen, ein Fünftel kommt aus der Energiebereitstellung. Unter den Industriebetrieben verursacht die Eisen- und Stahlindustrie die höchsten Emissionen. Der motorisierte Straßenverkehr ist ebenfalls für einen großen Anteil der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Die Landwirtschaft ist insbesondere aufgrund der Treibhausgase Methan (Rinderhaltung) und Lachgas (künstliche Stickstoffdüngung, Massentierhaltung) für den Klimawandel relevant. Der Anteil an Fluorierten Gasen ist in den letzten Jahren gestiegen, was unter anderem auf den Einsatz fluorierter Kohlenwasserstoffe als Kälte- und Kühlmittel zurückzuführen ist.

Klimaschutz in Gemeinden und Regionen

Klimabündnis-Gemeinden

Unter dem Motto "global denken, lokal handeln" sind Gemeinden und Städte im größten kommunalen Klimaschutz-Netzwerk des Landes in den Bereichen Klimaschutz, Klimagerechtigkeit und Klimawandelanpassung aktiv. Die globale Partnerschaft verbindet Kommunen in Österreich mit indigenen Völkern in Südamerika. Gemeinsame Ziele sind die Reduktion der Treibhausgasemissionen und der Erhalt des Regenwaldes.

e5-Gemeinden

Das e5-Programm motiviert und unterstützt Österreichs Gemeinden, ihre Energie- und Klimaschutzpolitik zu modernisieren, Energie und damit Kosten zu sparen und erneuerbare Energieträger verstärkt einzusetzen. Das Ziel ist es, langfristige Maßnahmen zu setzen und deren Wirksamkeit zu evaluieren.

Klima- und Energie-Modellregionen

Klima- und Energie-Modellregionen sollen Vorbilder für andere Regionen werden. Die langfristige Vision: 100 Prozent Ausstieg aus fossiler Energie. Im Rahmen des Programms werden regionale Klimaschutzprojekte vom Klima- und Energiefonds finanziert.

Klimawandelanpassung

Österreichische Strategie zur Anpassung an den Klimawandel

Österreich hat im Jahr 2012 als eines der ersten Länder eine Strategie zur Anpassung an den Klimawandel verabschiedet und 14 Aktionsfelder definiert, welche von Energie, Bauen und Wohnen über Gesundheit bis hin zu Naturschutz und biologischer Vielfalt reichen. Die Maßnahmen sollen dazu beitragen, mögliche negative Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden und sich ergebende Chancen zu nutzen. Die Anpassungsstrategie wurde inzwischen weiterentwickelt und aktualisiert. Im April 2024 wurde die dritte weiterentwickelte Strategie zur Anpassung an den Klimawandel von der Bundesregierung beschlossen.

www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/oe_strategie.html

Gute Praxis der Klimawandelanpassung geht mit den Zielen einer nachhaltigen Entwicklung und mit Klimaschutz Hand in Hand. Das Video "Anpassung an die Folgen des Klimawandels - aber richtig!" zeigt Beispiele guter Praxis.

Link-Tipp: www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/aberrichtig.html

Klimawandel-Anpassungs-Modellregionen in Österreich

Österreichs Regionen und Gemeinden sind durch die Auswirkungen des Klimawandels bereits deutlich betroffen und werden diese künftig noch stärker zu spüren bekommen. Abhängig von den geographischen, geologischen und sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen wirkt sich der Klimawandel in verschiedenen Regionen auf unterschiedliche Weise aus. Während manche Regionen vermehrt an Trockenheit leiden, sind für andere die häufiger auftretenden lokalen Starkniederschläge besonders relevant. Im Rahmen eines vom Klima- und Energiefonds in Kooperation mit dem Klimaressort geförderten Programmes werden Regionen bei ihren Maßnahmen zur Anpassunganden Klimawandel unterstützt (Klimawandel-Anpassungs-Modellregionen-KLAR!). klar-anpassungsregionen.at

Klimawandelanpassung am Beispiel Hitze

Die Anzahl an Hitzetagen nimmt auch in Österreich zu. 30 °C und mehr können sich belastend auf den Kreislauf auswirken. Hier helfen persönliche Verhaltensmaßnahmen, wie etwa ausreichende Flüssigkeitszufuhr, körperliche Schonung oder das Tragen von luftiger Kleidung. Als bauliche Anpassungsmaßnahmen können beispielsweise öffentliche Trinkbrunnen installiert und Maßnahmen zur Beschattung sowie zur Fassaden- oder Dachbegrünung gesetzt werden. Eine weitere wichtige Maßnahme ist das Pflanzen von Bäumen im Siedlungsgebiet. Auch die Bewahrung und Einrichtung von Versickerungs- und Grünflächen ist eine wichtige Anpassungsmaßnahme. Die in Zukunft voraussichtlich häufiger werdenden Starkregenereignisse können, genauso wie die Hitze im städtischen Raum, mit Hilfe solcher Maßnahmen leichter bewältigt werden. Es ist zwar auch möglich, sich mit Klimaanlagen an die Überhitzung anzupassen, diese Maßnahme kann den Klimawandel jedoch noch verstärken. Anpassungsmaßnahmen müssen möglichst effizient sein und den Kriterien der nachhaltigen Entwicklung entsprechen.



Klimawandelanpassung & Biodiversität

Durch den Klimawandel verlagert sich die Schneefallgrenze nach oben. Vegetationszonen verschieben sich ebenfalls. Die Waldgrenze steigt und die natürliche Artenzusammensetzung ändert sich. Tiere und Pflanzen können mit diesen Veränderungen oftmals nicht Schritt halten. Eine Anpassungsmaßnahme ist die Schaffung von Rückzugsräumen für gefährdete Arten. Für die Forstwirtschaft ist relevant, dass manche Baumarten mit den veränderten Bedingungen besser zurechtkommen. Für andere, wie zum Beispiel die Fichte, bedeuten die zunehmend trockenen Sommer Stress. Daher sollten widerstandsfähige artenreiche Laub- und Mischwälder unterschiedlicher Altersstruktur forciert werden. In der Waldbewirtschaftung sind Maßnahmen, die wir heute setzen, meist erst für die nächsten Generationen spürbar.



Literaturtipp: BMK (2022): Klimawandelanpassung und Biodiversität. Anpassung an den Klimawandel geht mit Naturschutz Hand in Hand.

www.bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/klimaschutz/anpassungsstrategie/publikationen/klimawandelanpassung-biodiversitaet.html

Filmtipp: Packen wir's an. Anpassung an den Klimawandel www.youtube.com/watch?v=j1cM7GWbJy4

Filmtipp: So funktioniert die Anpassung an den Klimawandel youtube.com/watch?v=4e_UK00Wd4I



Aktivitäten

Eine Welt Spiel

Bei dieser Aktivität werden die Relationen der weltweit ungleichen Verteilung von Treibhausgasemissionen in Bezug auf die Bevölkerungszahl eindrucksvoll dargestellt. Die Treibhausgasemissionen sind stark mit dem Reichtum und dem damit einhergehenden Energieverbrauch von Ländern gekoppelt. Während in den USA etwa 14,2 Tonnen CO₂ pro Kopf und Jahr ausgestoßen werden, sind es in Österreich rund 7,5 Tonnen und in Indien 1,9 Tonnen, in Nepal sogar nur 280 kg pro Kopf und Jahr. Um den Klimawandel zu stoppen, dürfte jeder Mensch auf der Erde nur rund 2 Tonnen CO₂ und andere Treibhausgase pro Jahr verursachen.(Stand 2021)

Material: Luftballons entsprechend der Anzahl der Schüler:innen, Papier, Stifte, Taschenrechner

Ablauf:

- 1. Die Namen der Erdteile (siehe Liste) werden auf Plakate aufgeschrieben und an verschiedenen Stellen im Klassenraum platziert. Als Vorbereitung können sich die Schüler:innen auf einer Weltkarte die Lage und Größe der Kontinente gemeinsam ansehen.
- 2. Die Klasse stellt die Weltbevölkerung dar. Sie wird den verschiedenen Erdteilen in entsprechender Gruppengröße zugeteilt (siehe Liste). Für die unten angegeben Zahlen wurde eine Klassengröße mit 25 Schüler:innen angenommen. Die Zahlen können mit einer einfachen Schlussrechnung an die tatsächliche Klassengröße angepasst werden.
- 3. Die Luftballons symbolisieren die Treibhausgasemissionen. Sie werden den Schüler:innen der jeweiligen Erdteile gegeben.
- 4. Die Vertreter:innen der jeweiligen Erdteile sehen sich ihren CO₂-Ausstoß und den der anderen Erdteile an (Anzahl der Luftballons). Wie sieht die Verteilung aus?
- 5. Der weltweite CO₂-Ausstoß wird um die Hälfte reduziert. Aus welchen Erdteilen sollen Luftballons entfernt werden? Sind sich alle Schüler:innen einig oder gibt es Verhandlungsbedarf?

	Bevölkerung in %	Anzahl Schüler:innen Annahme: 25 (Sie symbolisieren die Weltbevölkerung.)	Anzahl der Schüler innen tatsächlich	t CO ₂ Ausstoß in %	Anzahl der Luftballons Annahme: 25 (Sie symbolisieren den CO ₂ -Ausstoß.)	Anzahl Luftballons nach tatsächlicher Anzahl der Schüler innen
Welt	100	25		100	25	
Asien	59.4	15		55,5	14	
Afrika	17,8	5		3,6	4	
Europa	9,3	2		16,3	4	
Lateinamerika, Karibik	8.2	2		3,5	Aİ:	
Nordamerika	4,7	1		19,8	5	
Australien, Ozeanien	0,6	Đ		1,3	0	

Beispiel für Schlussrechnung

100 (Welt gesamt) _____25 (Anzahl der Schüler:innen gesamt)

59,5 (Asien) _____? (Anzahl der Schüler:innen für die Gruppe Asien)

Schlussrechnung: 59,5 / 100 x 25= 14,8 (gerundet 15)

World-Café: Wie erreichen wir die Klimaziele

Material: Flipchart, Stifte, vier bis sechs Tische mit Sesseln

Ablauf: Es werden so viele Tische aufgestellt, wie Themen vorhanden sind. An jedem Tisch sollen vier bis acht Schüler:innen sitzen. Auf jeden Tisch werden ein Flipchart und Stifte gelegt. Nun wird jedem Tisch ein eigenes Thema zugeordnet (z.B. Beiträge zum Klimaschutz: technische Lösungen zum Klimaschutz/Lebensstiländerungen/Transformation des Wirtschaftssystems...). Einer der Tische kann ohne vorgegebenes Thema bleiben. Hier bestimmt die Runde selbst, worüber gesprochen wird. Jeder der Tische hat eine vorher bestimmte "Tischmoderation". Diese hat die Aufgabe, die Gäste zu begrüßen und kurz in das Thema des Tisches einzuführen. Im weiteren Verlauf des World-Cafés bleibt diese Person an dem Tisch sitzen und gibt der neuen Runde einen Überblick, worüber in der letzten Runde gesprochen wurde. Das World-Café wird in ca. drei Runden zu jeweils zehn bis 15 Minuten abgehalten. Am Anfang jeder Runde wählen die Teilnehmenden einen Tisch (entsprechend der Interessen), an dem sie Platz nehmen, und diskutieren zu dem jeweils vorgegebenen Thema mit. Dabei können mit den Stiften Notizen am Flipchart gemacht werden. Es ist vorteilhaft, wenn die Teilnehmer:innen in etwa gleichmäßig an den unterschiedlichen Tischen verteilt sind. Am Ende der Zeit eines Durchganges werden die Teilnehmer:innen aufgefordert, den Tisch zu wechseln. Nur die Tischmoderator:innen bleiben sitzen.

Zuletzt werden die Ergebnisse des World-Cafés unter Einbeziehung der Flipcharts der gesamten Klasse durch die Tischredner:innen vorgestellt.

Fischteich-Spiel (Das Allmendedilemma)

Das Allmendedilemma bezeichnet die Übernutzung eines Gemeinschaftsgutes durch einige Wenige. Die Übernutzer:innen profitieren zu Beginn übermäßig, bis die Übernutzung in weiterer Folge zum Zusammenbruch oder Totalverlust des Gemeinschaftsgutes führt.

Gemeinschaftsgüter können sein: Wasser, Luft, Pflanzen, Tiere oder Bodenschätze der Erde

Material: Schalen, Servietten, Knabbergebäck (Fischli) oder Fruchtgummi, Schreibutensilien

Ablauf: Die Schüler:innen werden gleichmäßig in Gruppen zu je vier bis fünf Personen eingeteilt. Jede Gruppe erhält eine Schale mit 20 Stück Knabbergebäck oder Fruchtgummi, welche die Fische repräsentieren, enthält. Diese ist mit einer Serviette abgedeckt. Die Schüler:innen wissen nicht, wieviel Stück enthalten sind. Sie werden informiert, dass jedes Gruppenmitglied abwechselnd im Kreis in zwei Runden, basierend auf der eigenen Entscheidung, jeweils bis zu drei Stück (also von null bis drei) aus der Schale entnehmen darf. Diese "Fische" können sie behalten und später essen. Zusätzlich werden sie informiert, dass sich die Fische nach einer gewissen Zeit vermehren.

Runde 1: Es darf nicht gesprochen werden. Jede:r entnimmt wie beschrieben beliebig viele Fische. Nach den zwei Entnahmerunden wird der noch vorhandene Fischbestand je Schale verdoppelt.

Runde 2: Wieder darf jede:r zweimalig Fische entnehmen. Danach wird wieder wie in Runde 1 aufgefüllt. Hat eine Gruppe keine Fische mehr, scheidet diese aus.

Runde 3 (letzte Runde): ident zu Runde 2. Danach erfolgt die Auswertung. Ab jetzt darf wieder gesprochen werden.

Jede Gruppe zählt nach, wieviel Fische noch im Teller sind, wieviel jede:r einzelne gefischt hat und wieviel die Gruppe insgesamt gefischt hat.

Danach wird das Ergebnis reflektiert. Warum gibt es Gruppen, die keine Fische mehr haben? Welches Prinzip steckt dahinter?

Anschließend wird das Spiel nochmals gespielt (zu erklären, ob bzw. wie die Vermehrung funktioniert, liegt im Ermessen der anleitenden Person). Allerdings dürfen sich die Schüler:innen jetzt austauschen und beraten, wieviel entnommen wird.

Am Ende findet wieder eine Reflexion statt: Ist das Ergebnis jetzt ein anderes? Warum? Welche Strategien wurden entwickelt? Kann mit dem Gemeinschaftsgut jetzt besser umgegangen werden?

Danach kann von der Spielreflexion zu einer allgemeinen Reflexion betreffend Gemeinschaftsgüter und globalem CO₂-Restbudget übergeleitet werden.

Denkhüte

Material: sechs "Denkhüte" in unterschiedlichen Farben (weiß, gelb, rot, blau, grün, schwarz) aus Papier

Ablauf: Es werden sechs verschiedene, vorgegebene Rollen eingenommen. Jede Rolle hat einen anderen Blickwinkel auf ein und dasselbe Thema (z.B. Klimawandel, Klimagerechtigkeit, Klimaabkommen von Paris, ...). Dabei werden die unterschiedlichen Rollen/Denkstile durch verschiedenfärbige "Denkhüte" dargestellt:



Weiß ("das weiße Blatt"): Zahlen, Daten, Fakten. Verhält sich neutral und analytisch. Konzentriert sich auf das vorhandene Datenmaterial. Informationen werden auf den Inhalt überprüft und was man daraus lernen kann.



Gelb ("Sonnenschein"): positives Denken und Argumente, Chancen und Vorteile. Der optimistische Standpunkt hilft, die Vorteile und den Wert einer Entscheidung zu sehen.



Schwarz ("Schwarzmalerei"): alle negativen Aspekte, Risiken, Einwände, pessimistisch, problembehaftet. Die schwachen Punkte eines Plans werden beleuchtet. Man darf die Schwachpunkte eliminieren, verändern oder Unterstützungsmaßnahmen entwickeln, die ihnen entgegenwirken. Dies dient dazu, Schwierigkeiten im Vorfeld zu erkennen und sich darauf einzustellen.



Grün ("Wachstum"): Kreativität, Innovation und neue Vorschläge. Das Denken ist vollkommen frei und es gibt keine Kritik an jeglichen Ideen. Es sollen kreative Lösungen für das Problem entwickelt werden.



Rot ("Feuer"): Intuition, Bauchgefühl und Emotionen beim Betrachten von Problemen. Handelt subjektiv, emotional, basierend auf persönlicher Meinung (positiv und negativ) und widersprüchlich. Versucht sich vorzustellen, wie andere Menschen emotional reagieren könnten.



Blau ("blauer Himmel"): Steht für "Prozesskontrolle", Ordnung, Überblick und Moderation. Dieser Hut wird von der/dem Vorsitzenden getragen. Kann, je nach Verlauf der Diskussion, die unterschiedlichen "Hüte" um Stellungnahme bitten. Der blaue Hut ist schwierig in der Handhabung und muss nicht immer eingesetzt werden. Gegebenenfalls schlüpft die Lehrperson in diese Rolle.

Nach Beendigung der Diskussion kann das Ergebnis mit allen Schüler:innen besprochen und reflektiert werden.

Wir malen ein Bild von einer fossilfreien Zukunft

Material: Stifte, Papier

Ablauf: Wie könnte die Zukunft ohne fossile Energieformen und ohne Energieverschwendung (auch im Bereich Mobilität) in 50 Jahren in Österreich aussehen? Wie stellen sich die Schüler:innen diese Energiezukunft vor?

"Gestaltet eine Collage oder zeichnet euer Haus, eure Schule oder euren Wohnort. Macht euch auf fantasievolle Weise Gedanken, wie Österreich in 50 Jahren aussehen könnte."

Impulsfragen: Welche Kraftwerke gibt es in Österreich? Wie verändert sich unser Landschaftsbild? Wird es noch Autos geben? Wie sieht die Wohnsituation aus?

Klimawandelanpassung und/oder Klimaschutz?

Material: Hintergrundinformationen dieses Kapitels, Internet-Zugang, Links zu den Videos zum Thema Klimawandelanpassung (siehe unten)

Ablauf: Gemeinsam können die unten angeführten Videos angesehen werden. Anschließend wird das Arbeitsblatt "Klimaschutz und/oder Klimawandelanpassung" ausgefüllt.

Links zu den Videos:

So funktioniert die Anpassung an den Klimawandel youtube.com/watch?v=4e_UK0OWd4I

Packen wir's an. Klimawandelanpassung in Gemeinden youtube.com/watch?v=j1cM7GWbJy4&t=4s

Notizen



Arbeitsblatt

Klimaschutz UND/ODER Klimawandelanpassung

🕏 Ein Wohn		vird wärmeg aschutz nein		oder	Klimawandelanpassung ja nein
Begründung:				Begründur	ng:
S Versicker		lächen werd aschutz nein	en angelegt. und/	oder	Klimawandelanpassung ja nein
Begründung:				Begründur	ng:
5 Eine Klim		ge wird in de aschutz	r Wohnung einge	baut. oder	Klimawandelanpassung
	ja	nein	und/	odei	ja nein
	\bigcirc				
Begründung:				Begründur	ng:

Tiocilwas	serschutzdämme werde Klimaschutz	und/oder	Klimawandelanpassung
	ja nein	aria, oder	ja nein
Begründung:		Begründun	ng:
Schutzwa Schutzwa	ald wird aufgeforstet.		IZI'aa aa aa dalaa aa aa aa aa
	Klimaschutz ja nein	und/oder	Klimawandelanpassung ja () nein ()
Dogriindung:	Ja O Helli	Pogriin dun	
Begründung:		Begründun	ig:
	Klimaschutz ja nein	und/oder	Klimawandelanpassung ja nein
Begründung:		Begründun	ng:
🖒 In der Sta	dt/der Gemeinde werde	n Fassaden und Fläch	en begrünt.
	Klimaschutz	und/oder	Klimawandelanpassung
	ja 🔘 nein 🔵		ja 🔵 nein 🔵
Begründung:		Begründun	ng:

Klimaschutz	und/oder	Klimawandelanpassung
ja nein		ja nein
Begründung:	Begründun	g:
Naturschutzzonen werden ein Klimaschutz	igerichtet. und/oder	Vlimowandalannaaaung
ja nein	una/oder	Klimawandelanpassung ja nein
Begründung:	Begründun	g:
In der Stadt werden vermehrt	Päumo gonflanzt	
Klimaschutz	und/oder	Klimawandelanpassung
ja nein		ja nein
Begründung:	Begründun	g:

Klimafreundliches Handeln Mein Beitrag zum Klimaschutz

"Als Einzelperson kann man doch sowieso nichts bewirken!"

Es mag stimmen, dass Staaten durch Gesetze und Regulierungen viel mehr verändern können, als einzelne Personen das zu tun vermögen. Die Klimakrise können wir jedoch nur überwinden, wenn wir alle zusammenhelfen. Gesetze, Verordnungen und technische Lösungen wie Energieeffizienz und der Umstieg auf erneuerbare Energie sind dabei essentiell. Auf der anderen Seite sind ein persönliches Verständnis und Engagement für einen sozial und ökologisch gerechten, verantwortungsvollen Umgang mit unseren Ressourcen – und einem damit einhergehenden nachhaltigen, bescheidenen Lebensstil wichtig.

Wir können durch klimafreundliches Verhalten Vorbild für andere sein und öffentlich für unsere Überzeugungen einstehen. Durch demokratische Mitbestimmung (wie die Teilnahme an Wahlen und das Unterstützen von Volksbegehren), zivilgesellschaftliches Engagement, die Teilnahme an Demonstrationen oder die Unterstützung von Organisationen, die sich für klimaschutzrelevante Themen einsetzen, hat jede und jeder Einzelne die Möglichkeit, etwas zu bewirken. Auch durch bewusstes nachhaltiges Verhalten in den Bereichen Konsum, Ernährung, Energie und Mobilität können wir globale Ungerechtigkeiten vermindern und das Klima schützen.

Konsum

Unsere Entscheidungen

Tagtäglich entscheiden wir uns für den Kauf bestimmter Konsumgüter wie Lebensmittel, Bekleidung, Haushaltsgeräte etc. Durch unsere Nachfrage nach bestimmten Waren können wir auch das Angebot mitbeeinflussen. Produkte haben entlang ihres Produktlebenszyklus – von der Rohstoffgewinnung über die Produktion und den Transport bis hin zu Verbrauch und Entsorgung – unterschiedlich großen Einfluss auf Umwelt und Ressourcenverbrauch und somit auf das Klima.

Um zu zeigen, wie viele Ressourcen bzw. Fläche ein Produkt verbraucht bzw. beansprucht, gibt es mehrere Darstellungsformen, wie den Ökologischen Rucksack oder den Ökologischen Fußabdruck. Während der Ökologische Rucksack die Menge an Ressourcen aufzeigt, die bei der Herstellung, dem Gebrauch und der Entsorgung eines Produktes oder einer Dienstleistung verbraucht werden, also während des gesamten Produktlebenszyklus (Life Cycle), ist der Ökologische Fußabdruck die Beschreibung jener Fläche, die ein Mensch theoretisch benötigt, um damit seinen derzeitigen Lebensstandard zu erhalten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass alles, was wir nutzen, aus Rohstoffen entsteht, die angebaut bzw. abgebaut oder hergestellt werden müssen, wodurch ebenfalls Fläche beansprucht wird.



Abfall

Bewusster Konsum bedeutet Abfall zu vermeiden. Der übermäßige Erwerb von Dingen scheint in unserer Gesellschaft zur Normalität geworden zu sein. Aber brauchen wir wirklich immer das neueste Smartphone und noch ein weiteres Paar Schuhe?

Wenn wir besonders langlebige, zeitlose und reparierbare Produkte erwerben, reduziert sich unser Abfall. Auch Verpackungsmüll sollten wir so gut wie möglich vermeiden, etwa durch den Kauf unverpackter Gegenstände. Durch den Kauf von größeren Mengen eines Produktes, welches im Verhältnis in weniger Verpackungsmaterial verpackt ist, kann Abfall vermieden werden. Langlebige Produkte anzuschaffen zahlt sich aus, selbst wenn diese mehr kosten. Denn "wer billig kauft, kauft doppelt".

Technische Geräte müssen nicht zwangsläufig entsorgt werden, wenn sie nicht mehr funktionieren. Die Reparatur spart wertvolle Ressourcen und vermeidet Abfall. Gegenstände können gebraucht erstanden oder ausgeliehen werden. Spiele und Bücher können zum Bespiel auf Flohmärkten verkauft, Kleidung zur Altkleidersammlung gegeben oder direkt verschenkt werden. Es gibt zahlreiche Organisationen, die Kleider- und andere Sachspenden gerne entgegennehmen.

Was kann ich tun?

- Gebrauchtes kaufen und verkaufen
- Ausleihen und verleihen
- 🌀 Fair gehandelte Produkte (Lebensmittel, Kleidung, etc.) erwerben
- Biologische Produkte kaufen (einerseits bei Lebensmitteln, andererseits bei Baumwolle, Kosmetik etc. darauf achten)
- 🕥 In langlebige qualitativ hochwertige Produkte investieren
- Bewusst unverpackt einkaufen





- Nur einkaufen, was man wirklich braucht, um (Lebensmittel-)abfälle zu vermeiden (Einkaufsliste vorbereiten)
- **S** Abfall genau trennen und recyclen



- Kaputte Geräte reparieren (lassen) anstatt neue zu kaufen
- Gebrauchte Gegenstände upcyceln und dadurch bestehenden Ressourcen einen neuen Zweck geben



Ernährung

Das Ernährungsverhalten hat große Auswirkungen auf das Klima. Etwa 20 bis 30 Prozent der Treibhausgasemissionen weltweit werden durch die Lebensmittelerzeugung und Ernährung verursacht.

Die Umstellung auf klimafreundliche Ernährung kann eine deutliche Reduktion des Treibhausgasausstoßes pro Kopf bewirken. Der Umstieg auf eine vegane und biologische Ernährungsweise ermöglicht eine Treibhausgaseinsparung von bis zu 70 Prozent (im Vergleich zum Durchschnitt des Ernährungssektors). Eine Einsparung von 30 Prozent ist auch bei einem mäßigen Konsum von Fleisch möglich.

Achtet man beim Kauf von Lebensmitteln auf Regionalität und Saisonalität, so können große Mengen an Treibhausgasemissionen verhindert werden, da unter anderem Transportwege und Energieaufwand minimiert werden. Der Umstieg auf biologische Produkte reduziert Treibhausgas-Emissionen, da im Biolandbau auf energieaufwendige, synthetische Mineraldünger verzichtet und stattdessen organischer Dünger wie Kompost oder Tiermist verwendet wird. Bei biologisch bewirtschafteten Böden wird der Aufbau von Humus gefördert, wodurch mehr Kohlenstoff im Boden gespeichert wird – und weniger in die Atmosphäre gelangt. Durch diese Maßnahmen können einerseits Treibhausgase eingespart werden, außerdem wird die Artenvielfalt gefördert und der Boden fruchtbar erhalten.

Auch die Lebensmittelverschwendung beeinflusst die Ökobilanz: Allein in Österreich fallen jährlich 75.000 Tonnen Abfall im Handel und weitere 35.000 Tonnen Brot und Gebäck an (wovon jedoch ein Teil weiterverarbeitet und verfüttert werden kann). Zwischen 200.000 und 250.000 Tonnen Abfall, also fast doppelt so viel wie im Handel, werden jährlich in den Haushalten verschwendet. Viele dieser weggeworfenen Produkte sind aber noch genießbar. Oft werden Lebensmittel aufgrund der Überschreitung des Mindesthaltbarkeitsdatums entsorgt. Mit dem Mindesthaltbarkeitsdatum garantieren die Hersteller:innen bis zu diesem Zeitpunkt höchste Qualität. Wird es überschritten, bedeutet es meist nicht, dass das Produkt ungenießbar ist. Das Mindesthaltbarkeitsdatum ist somit kein Verfallsdatum. Viele Lebensmittel, insbesondere Trockenware wie Reis oder Nudeln, können in der Regel also auch nach dessen Überschreitung konsumiert werden. Mit den Sinnen (sehen, riechen, schmecken) kann meist recht schnell festgestellt werden, ob ein Lebensmittel noch genießbar ist.

Was kann ich tun?

- 💲 Lebensmittel nicht wegwerfen, nur kaufen, was man braucht
- Produkte aus biologischer Landwirtschaft kaufen
- Regionale und saisonale Produkte kaufen: Diese legen kürzere Strecken zurück und brauchen beispielsweise keine beheizten Glashäuser.
- Weniger Fleisch und Milchprodukte konsumieren
- Mindesthaltbarkeitsdatum richtig interpretieren
- Fair gehandelte Produkte kaufen

Energie

Energie im Haushalt

Energie ist im Haushalt allgegenwärtig. Wir brauchen sie für die Beheizung und Beleuchtung, fürs Kochen, für die Bereitstellung von Warmwasser und für Elektrogeräte. Der größte Teil der Energie eines durchschnittlichen Haushalts in Österreich fließt in die Heizung. Weitere Bereiche sind in absteigender Reihenfolge: Elektrische Geräte inkl. Licht, Warmwasser und Kochen. Zusätzlich zu den oben genannten Bereichen kann die Mobilität dem Energieverbrauch eines Haushaltes zugerechnet werden. Kommt ein Haushalt ohne eigenes Auto aus, so sinkt der Energieverbrauch beträchtlich.

Die klimafreundlichste Kilowattstunde ist jene, die erst gar nicht verbraucht wird. Obwohl in Österreich die Energieerzeugung im Bereich der erneuerbaren Energien zugenommen hat, kann dies nicht den steigenden Energieverbrauch decken. In Summe nimmt die Nutzung von nicht erneuerbaren Energiequellen zu.

Energiequellen

Fossile Brennstoffe sind besonders klimaschädlich. Ein Umstieg auf erneuerbare Energieträger ist daher essentiell, um Treibhausgasemissionen zu verringern. Zu den erneuerbaren Energiequellen zählen Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Erdwärme (Geothermie). Diese Energieformen sind im Wesentlichen unbeschränkt vorhanden oder wachsen bei richtiger Bewirtschaftung und sorgsamem Umgang in relativ kurzen Zeiträumen wieder nach. Bei der Nutzung von Biomasse ist es wichtig, auf Nachhaltigkeit zu achten und die Energie- und Kohlenstoffbilanz zu berücksichtigen. Der Ausbau erneuerbarer Energieträger steht teilweise im Widerspruch zum Naturschutz (z.B. bei Wasserkraftwerken). Vordringlich sind daher Energiesparen und Energieeffizienz.

Rund zwei Drittel des Inlandsverbrauches an Energie in Österreich werden durch die nicht erneuerbaren Energiequellen Erdöl, Erdgas und Kohle gedeckt. Diese tragen wesentlich zur Klimakrise bei.

Was kann ich tun?

- 🕥 🛮 In der kalten Jahreszeit Stoßlüften statt Fenster kippen
- Raumtemperatur in der kalten Jahreszeit in allen Räumen um 1 °C senken das erspart mehr als fünf Prozent der Heizkosten
- Licht und Geräte abschalten, wenn diese nicht gebraucht werden
- Standby-Verbrauch vermeiden, stattdessen: Steckerleiste mit Kippschalter verwenden
- Heizung entlüften
- Raumtemperatur in der Nacht absenken bzw. wenn der Raum nicht genutzt wird
- Kästen und Tische nicht direkt vor den Heizkörper stellen



Literaturtipp: Klimabündnis Österreich (2019): Klima und Energie II. Unterrichtsmaterialien für Pädagog:innen der 7.-12. Schulstufe

Literaturtipp: Drexel Christof (2018): Zwei Grad. Eine Tonne. Wie wir das Klimaziel erreichen und damit die Welt verändern.

Mobilität

Der Verkehr ist das Klimaproblem Nr. 1 in Österreich. Etwa 80 Prozent des Erdölverbrauchs fließen in den Sektor Verkehr. Der steigende motorisierte Pkw-Verkehr hat dabei einen großen Anteil. Gerade im Bereich Mobilität können wir persönlich viel zum Klimaschutz beitragen, indem wir öffentliche Verkehrsmittel nutzen, Radfahren oder zu Fuß gehen.

Mobilitätsentwicklung

Die Zahl der Pkw-Zulassungen steigt in Österreich kontinuierlich an. Neben der Anzahl haben zugleich die Größe und Fahrleistung der Autos zugenommen, was ebenfalls zu höherem Energiebedarf und erhöhtem Treibhausgasausstoß führt. Der durchschnittliche Neuwagen ist heute um fast 190 Kilogramm schwerer als im Jahr 2000, die Motorstärke ist um fast ein Drittel gestiegen. Ebenso ist der Güterverkehr gestiegen, wobei der Anteil des Güterverkehrs auf den Straßen weit stärker als auf der Schiene zugenommen hat.

Mobilität und Klima

Wie umweltfreundlich Auto, Bus, Bahn und Flugzeug sind, verrät die sogenannte Kilometerbilanz. Sie errechnet sich aus dem Energieverbrauch pro Person und Kilometer. So hat der Bus einerseits einen viel höheren Energieverbrauch als der Pkw, andererseits bietet er auch wesentlich mehr Personen Platz. Somit weist er eine gute Kilometerbilanz auf. Die schlechteste Kilometerbilanz hat das Flugzeug. Die umweltverträglichste Art sich fortzubewegen sind Füße und Fahrrad.

Beim Auto mit Verbrennungsmotor ist der CO_2 -Ausstoß unmittelbar vom Kraftstoffverbrauch abhängig: Pro Liter Benzin werden 2,32 Kilogramm CO_2 emittiert. Bei Diesel sind es 2,64 Kilogramm CO_2 pro Liter. Berücksichtigt man die Energiedichte, so weisen Diesel und Benzin ungefähr die gleichen CO_2 -Emissionen pro Kilowattstunde auf. Elektroautos sind effizienter als Autos mit Verbrennungsmotor. Je nach "getanktem" Strommix variiert der Treibhausgasausstoß pro gefahrenem Kilometer.

Besonders problematisch und noch weitaus schädlicher als Autofahren ist für unser Klima das Fliegen. Ein einfacher Flug von Wien nach New York verursacht beispielsweise ca. $3.000 \, \text{kg CO}_2$, während der durchschnittliche Ausstoß beim Pkw-Fahren pro Jahr bei einer Fahrleistung von $13.500 \, \text{km}$ und einem Verbrauch von $7 \, \text{l}$ pro $100 \, \text{km}$ ca. $2.800 \, \text{kg CO}_2$ beträgt.

Gesund und klimafreundlich zur Schule

Zu Fuß, mit dem Rad, dem Roller oder öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegte Wege helfen nicht nur das Klima zu schützen. Bewegung an der frischen Luft fördert zudem die Gesundheit. Studien zeigen, dass tägliche Bewegung eine signifikante Auswirkung auf die Gesundheit hat. Menschen, die mit dem Rad in die Arbeit fahren, sind gesünder. Bewegung beugt Haltungsschäden und Übergewicht vor und trägt zum Wohlbefinden bei, besonders wenn man gemeinsam mit Freund:innen unterwegs ist. Der Schulweg ist eine ideale regelmäßige Bewegungs- und Erlebnisquelle. Außerdem fördert Bewegung an der frischen Luft die körperliche Entwicklung und die Konzentration im Unterricht sowie das soziale Miteinander.

Was kann ich tun?

- Möglichst viele Strecken zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurücklegen
- S Öffentliche Verkehrsmittel benutzen
- Möglichst wenige Strecken mit Autos und anderen benzin- oder dieselbetriebenen Fahrzeugen zurücklegen
- Carsharing statt eigener Pkw
- Fahrgemeinschaften bilden
- Auf Flüge verzichten



Aktivitäten

Selbst etwas bewirken: "Meine Tat zählt"

Material: (optional) Plakat, Stifte

Ablauf: Jede:r Schüler:in setzt sich selbst ein Ziel, welches sie/er über einen ausgemachten Zeitraum verfolgt. Zum Beispiel: Ich werde im April keine tierischen Produkte essen.

Die gesetzten Ziele werden verschriftlicht – beispielsweise in Form eines gemeinsam gestalteten Plakates.

Leitfragen:

- · Wie könnt ihr nachhaltiger Leben?
- Was könnt ihr an eurem Konsum ändern?
- Was könnt ihr persönlich tun?
- Wen müsst, wen wollt ihr noch in euer Projekt einbinden?

Jede Woche wird in der Unterrichtseinheit über den Fortschritt gesprochen.

Leitfragen:

- Wie geht es euch mit eurem Ziel?
- Wo treten Schwierigkeiten auf?
- Was habt ihr (über euch selbst) dazugelernt?

Online-Tool "Change the Future"

Material: Internetzugang für die Schüler:innen

Ablauf: Die Klasse registriert sich unter www.change-the-future.eu/de als Team im Online-Tool "Change the Future" und sammelt für klimafreundliches Verhalten Punkte. Jede:r einzelne:r in diesem Team legt ein Profil an. So können sich die Schüler:innen miteinander vergleichen. Möglich ist es auch, sich mit einer anderen Klasse zu "matchen". Besonders schön ist es, wenn die Schüler:innen einander durch Erfahrungsaustausch und Ermutigung helfen, Punkte zu sammeln.

Unser Mistkübel

Material: Nicht geleerter Mistkübel, eventuell Mehrweg-Putz-Handschuhe

Ablauf: Die Schüler:innen schauen sich den Mistkübel in ihrem Klassenzimmer genauer an und analysieren den Inhalt.

Leitfragen:

- Ist der Abfall korrekt getrennt?
- Welche Mistkübel wären (zusätzlich) in jeder Klasse nötig, um alles richtig zu trennen?
- Warum ist nicht alles richtig getrennt?
- Warum trennen so wenig Menschen Abfall, obwohl es eigentlich nicht viel Aufwand wäre?
- Welcher Abfall hätte vermieden werden können?

Gemeinsam radeln

Material: Internetzugang für die Schüler:innen, Schüler:innen mit Fahrrädern

Ablauf: Die Klasse registriert sich bei "Österreich radelt" (www.radelt.at) als Team im jeweiligen Bundesland und sammelt gemeinsam Kilometer. Jede:r einzelne:r Schüler:in in diesem Team legt ein Profil an. Die Teammitglieder können einander motivieren, öfter mit dem Rad zur

Schule zu kommen. Dadurch wird es viel spannender zum Beispiel den Weg in die Schule mit dem Rad zurückzulegen. Es ist auch möglich, gegen eine andere Klasse anzutreten, Punkte zu sammeln und die Ergebnisse zu vergleichen. Zusätzliche Motivation: "Österreich radelt" verlost Preise unter den Teilnehmer:innen.

Woher kommt mein Essen?

Material: Weltkarte, Stifte

Ablauf: Die Schüler:innen bekommen die Aufgabe, beim nächsten Einkauf auf die Herkunft ihrer Lebensmittel zu achten. Auf einer Weltkarte werden alle Länder, aus denen die Lebensmittel herkommen, gekennzeichnet. Anschließend werden die Leitfragen und etwaige weitere Aspekte diskutiert.

Leitfragen:

- Welche Auswirkungen hat der Transportweg der Lebensmittel?
- Wieso kommen diese Produkte aus dem Ausland, obwohl es sie bei uns auch gibt (z.B. Gurken und Tomaten aus Spanien)?
- Müssen wir diese Produkte wirklich kaufen? Brauchen wir sie?

Mein ökologischer Fußabdruck

Material: Internet

Ablauf: Die Schüler:innen ermitteln mit einem Online-Rechner ihren persönlichen ökologischen Fußabdruck. Freiwillige können ihre Ergebnisse präsentieren. Außerdem können die verschiedenen Fußabdruckrechner und deren (möglicherweise) unterschiedlichen Ergebnisse diskutiert werden.

Hilfreiche links:

www.mein-fussabdruck.at; www.ressourcen-rechner.de; www.uba.co2-rechner.de/de_DE; www.footprintcalculator.org

Selbstversuch

Material: Schreibunterlagen für Dokumentation, eventuell Stromverbrauchsmesser, Schrittzähler, Kilometerzähler, Fahrrad, Waage etc.

Ablauf: In Einzelarbeit überlegen sich die Schüler:innen, zu welchem umweltrelevanten Thema (Konsum, Abfall, Energie, Ernährung, Wasser, Mobilität etc.) sie ihr eigenes Verhalten beobachten möchten und überlegen sich entsprechende Erhebungsmethoden.

Beispiele:

- Welche Lebensmittel nehme ich zu mir? In welcher Menge? Woher kommen diese? Sind sie biologisch oder konventionell? Wie lassen sich diese zusätzlich kategorisieren?
- Welche strombetriebenen Geräte verwende ich? Wie oft verwende ich diese? Wie hoch ist der jeweilige Stromverbrauch? (Wenn möglich kann hierfür ein Strommessgerät organisiert werden. Einige Stromanbieter stellen diese zeitlich begrenzt zur Verfügung.)
- Nehme ich Mülltrennung vor? In welcher Kategorie? Wieviel Müll (z.B. Gewicht) fällt je Kategorie an?
- Welche Fortbewegungsmittel nutze ich?

Die Schüler:innen beobachten ihr eigenes Verhalten über einen Zeitraum von zwei Wochen, dokumentieren dieses, werten es aus und stellen ihre Ergebnisse in der Klasse vor. Die Ergebnisse sollten in Relation zum Durchschnitt der österreichischen Bevölkerung (soweit verfügbar) gestellt werden. Ebenso sollten etwaige Verbesserungspotentiale identifiziert werden.

Klima-Bingo

Material: Vorbereitetes Bingo-Blatt (Tabelle mit 4 x 4 Feldern, jedes Feld enthält eine Aussage und Platz für eine Unterschrift)

Ablauf: Alle Schüler:innen erhalten je ein identes Bingo-Blatt. Auf ein Startzeichen hin versuchen alle Teilnehmenden, möglichst schnell möglichst viele Unterschriften von Personen zu sammeln, auf die eine Aussage des Bingo-Blattes zutrifft. Jedoch darf jede Person nur einmal je Bogen unterschreiben. Sobald jemand vier Unterschriften von unterschiedlichen Personen in einer Zeile, Spalte oder Diagonale hat, ruft er/sie laut "Bingo" und hat somit das Spiel gewonnen. Die anderen Teilnehmer:innen können noch weiterspielen. Im Anschluss erfolgt eine Auswertung.

Um das Spiel zu erschweren, kann auch eine Tabelle mit 5 x 5 Feldern angefertigt werden, oder die Teilnehmenden erhalten die Aufgabe, das gesamte Blatt auszufüllen.

Ich komme zu Fuß oder mit dem Fahrrad in die Schule, Unterschrift:	Ich esse höchstens drei Mal in der Woche Fleisch. Unterschrift;	Ich versuche bio- logisch hergestellte Produkte zu kaufen. Unterschrift:	Ich kenne die Aktion FRIDAYS FOR FUTURE. Unterschrift:
Ich kenne einige Ursachen des Klimawandels. Unterschrift:	Ich engagiere mich für den Klimaschutz. Unterschrift:	Beim Einkauf vermeide ich Plastik- sackerl. Unterschrift:	Unterschrift:
Unterschrift:	Unterschrift:	Unterschrift:	Unterschrift:
Unterschrift:	Unterschrift:	Unterschrift:	Unterschrift:

Klimawandel im 4-Ecken-Spiel

Material: Raum mit vier Ecken, mit ausreichend Platz je Gruppengröße, jedoch nicht zu groß

Ablauf: Zu Begriffen und/oder Aussagen werden jeweils vier Antworten bzw. Satzergänzungen überlegt.

Beispiele:

- Wie bist du hergekommen? Mögliche Antworten: Öffentlich/zu Fuß oder mit dem Rad/ mit dem Auto gefahren oder gebracht worden/Sonstiges
- Gegen den Klimawandel kann etwas tun. Antwortmöglichkeiten: Jede:r/nur die Politik/nur die Technik/niemand
- Das Thema Klimawandel ist mir wichtig/gibt es nicht/ist was für andere/ist für die Politik

Jede der vier Ecken des Raumes repräsentiert eine der Antwortmöglichkeiten. Die Lehrperson stellt nun nacheinander Fragen/Satzanfänge und nennt die vier zugehörigen Antwortmöglichkeiten/Satzergänzungen, die sie jeweils den verschiedenen Ecken zuweist. Die Schüler:innen entscheiden sich für eine Möglichkeit und begeben sich zu dieser Ecke. Kann sich jemand nicht entscheiden, bleibt sie oder er in der Mitte stehen.

Das Ergebnis jeder Frage kann nach Positionierung der Schüler:innen besprochen werden.

Recherche Klima-Siegel

Material: Internet

Ablauf: In Einzelarbeit suchen und recherchieren die Schüler:innen ein Siegel/Zeichen/Logo/Label im Zusammenhang mit dem Thema Klima (z.B. auf Lebensmitteln, Kleidung, technischen Geräten, sonstigen Gütern, etc.). Die Recherche soll folgende Punkte beinhalten:

- Worum handelt es sich bei dieser Zertifizierung?
- Welches Ziel verfolgt diese Zertifizierung?
- Wer stellt diese Zertifizierung aus?
- Welche Kriterien müssen für den Erhalt und das Führen der Zertifizierung erfüllt sein?
- Persönliche und kritische Einschätzung der Zertifizierung

In der Klasse stellen die Schüler:innen ihre Rechercheergebnisse einander vor.

Bilder sprechen mehr als Worte

Material: Handy und Arbeitsblatt für Notizen

Ablauf: Die Schüler:innen werden in Gruppen zu je vier Personen eingeteilt. Jeder Gruppe wird ein klimearelevantes Thema (Mobilität, Konsum, Energie, Abfall, Ernährung etc.) zugewiesen. Danach macht sich jede Gruppe mit einer Handykamera auf den Weg (Schulgelände, Park, nähere Umgebung). Die Aufgabe besteht darin, einen Schnappschuss oder ein Kurzvideo anzufertigen, in dem das vorgegebene Thema eindrücklich dargestellt wird. Kreativität und ungewöhnliche Zugänge zum Thema sind willkommen.

Danach treffen sich alle wieder im Raum, wo alle Gruppen ihre Fotos oder Videos und ihre dazugehörigen Gedanken präsentieren.

Linktipp: klimartikulieren.at/ein-bild-sagt-mehr-als-1000-worte

Lösungsblatt

Kapitel 1: Das Klima der Erde

2 Diese Strahlen werden von der Erde absorbiert und als Wärmestrahlung wieder abgegeben.

1 Kurzwellige Sonnenstrahlen durchdringen die Erdatmosphäre und treffen auf die Erdoberfläche auf.

3 Die Treibhausgase in der Atmosphäre verhindern den direkten Austritt der Wärmestrahlung aus der Erdatmosphäre. Sie nehmen einen großen Teil der Wärmestrahlung auf und geben ihn wieder in alle Richtungen – also auch in Richtung der Erdoberfläche – ab. Die Lufthülle der Erde erwärmt sich.

Kapitel 2: Ursachen für die Klimakrise

Arbeitsblatt: Rechnen mit CO2

ca. **1 kg**; ca. **1 Tonne**; Atommasse CO_2 : **44** (12+16+16); 500 kg/2 = **250 kg** C pro m³ Holz; 250 kg/12 * 44 = **917 kg** CO_2 ; Schlussrechnung: **x** = ca. **7.642 m**

Kapitel 4: Internationale Zusammenarbeit

Arbeitsblatt: Klimaschutz UND/ODER Klimawandelanpassung (mögliche Begründungen)

Ein Wohnhaus wird wärmegedämmt.

Klimaschutz: x ja

Begründung: Die Wärmedämmung bedingt einen geringeren Wärmeverlust des Hauses im Winter, wodurch weniger Energie zum Heizen aufgewendet werden muss.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Im Sommer bewirkt eine Wärmedämmung des Wohnhauses eine Kühlung der Wohnräume.

Versickerungsflächen werden angelegt.

Klimaschutz: x ja

Begründung: Begrünte Fläche sind besser für das Klima als versiegelte Flächen wie z.B. Asphalt.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Versickerungsflächen beugen Überschwemmungen vor.

Eine Klimaanlage wird in der Wohnung eingebaut.

Klimaschutz: **x** nein

Begründung: Die Nutzung einer Klimaanlage führt zu erhöhtem Stromverbrauch. Darüber hinaus sind die verwendeten Kältemittel in über 95 Prozent der Klimaanlagen äußerst klimaschädlich (https://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/fluorierte-treibhausgase-fckw/anwendungsbereiche-emissionsminderung/gebaeudeklimatisierung).

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Durch die Zunahme an Hitzetagen versuchen immer mehr Menschen, ihre Räume im Sommer durch eine Klimaanlage zu kühlen. Dies könnte allerdings auch durch eine Wärmedämmung des Hauses erreicht werden.

Hochwasserschutzdämme werden errichtet.

Klimaschutz: x nein

Begründung: Diese haben keinen positiven Einfluss auf das Klima.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Hochwasserschutz-Dämme beugen Überflutungen vor.

Schutzwald wird aufgeforstet.

Klimaschutz: x ja

Begründung: Ein Wald bindet CO₂ und trägt so zum Klimaschutz bei.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Die wichtigere Funktion eines Schutzwaldes ist der Schutz vor Naturgefahren wie Überschwemmungen, Muren, Erosionen und Lawinen.

Flüsse werden renaturiert.

Klimaschutz: x ja

Begründung: Entsiegelung und Renaturierung fördern Biodiversität und sind gut für das Klima, da CO_2 von Bäumen und anderen Pflanzen gebunden wird.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Durch langsamere Fließgeschwindigkeiten und Ausweichmöglichkeiten für die Wassermassen wird langfristiger Hochwasserschutz geschaffen. Wasser kann im gesunden Boden wieder versickern.

In der Stadt/der Gemeinde werden Fassaden und Flächen begrünt.

Klimaschutz: x ja

Begründung: Durch grüne Pflanzen wird CO₂ gebunden. Außerdem werden schädliche Luftinhaltsstoffe und Staub vom Laub der Fassadenbegrünung festgehalten.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Begrünte Fassaden tragen durch Kühlung zu einem angenehmeren Stadtklima bei, wirken wie eine naturnahe Klimaanlage und bieten unterschiedlichen Tieren einen Lebensraum.

In der Stadt/der Gemeinde werden Trinkbrunnen errichtet.

Klimaschutz: x nein

Begründung: Dies hat keine Auswirkung auf das Klima.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Die Errichtung von Trinkbrunnen erhöht das Wohlbefinden und die Gesundheit von Einwohner:innen und Tourist:innen, insbesondere an den – vermehrt auftretenden – Hitzetagen.

Naturschutzzonen werden eingerichtet.

Klimaschutz: x ja

Begründung: Werden Gebiete (Zonen), wie z.B. Wälder, unter Naturschutz gestellt, können diese dauerhaft als CO₂-Senke dienen und tragen so zum Klimaschutz bei.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Tier- und Pflanzenarten sind vom Klimawandel bedroht. Durch Naturschutzgebiete werden wertvolle Rückzugsgebiete für gefährdete Arten geschaffen.

In der Stadt werden vermehrt Bäume gepflanzt.

Klimaschutz: x ja

Begründung: Bäume binden durch deren Wachstum CO₂.

Klimawandelanpassung: x ja

Begründung: Die Verdunstung von Wasser über die Blätter der Bäume sowie die Beschattung bewirken eine Kühlung und verbessern das Stadtklima.

Quellenangaben

1 Das Klima der Erde

Essl F., Rabitsch. W. (Hrsg.), (2013): Biodiversität und Klimawandel, Springer

IPCC (2022): Cimate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Klimabündnis Österreich (2018): Klima, was ist das? Unterrichtsmaterialien für Pädagog:innen der 2.-5. Schulstufe

Klimafakten: www.klimafakten.de (2019)

Kromp-Kolb H., Formayer H. (2018): + 2 Grad. Warum wir uns für die Rettung der Welt erwärmen sollten, Molden

Mühr B.: www.klimadiagramme.de/ (2019)

Nelles D., Serrer C. (2018): Kleine Gase - Große Wirkung. Der Klimawandel

Plöger S., Böttcher, F. (2015): Klimafakten, Westend

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung: www.pik-potsdam.de, www.pik-potsdam.de/services/infothek/kippelemente (2019)

Rahmstorf S., Schellnhuber H. J. (2018): Der Klimawandel, C.H.Beck

Sator A.: erklaermir.simplecast.com/episodes/21-erklar-mir-die-klimakrise-ottmar-0d4f3208 (2019)

Schmitt S.: Wie geht es dem Klima? In: Die Zeit (2019), Nr. 4

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbh: Spektrum.de / SciLogs: https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/das-klimaquiz-der-afd-die-aufloesung/ (2019)

Wiki Bildungsserver: wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Klimaantrieb (2019)

Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, ZAMG: www.zamg.ac.at/cms/de/klima/informationsportal-klimawandel (2019)

2 Ursachen für die Klimakrise

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (2022): Fortschrittsbericht 2022 nach § 6 Klimaschutzgesetz.

Climate-KIC: www.youtube.com/watch?v=-n4A0BssFd0 (2019)

EU ClimateAction: www.youtube.com/watch?v=aUA_H1tretQ (2019)

Global Carbon Project (GCP): globalcarbonbudget.org/fossil-co2-emissions-at-record-high-in-2023/ (2023)

IIED (International Institute for Environment and Development): www.iied.org/redd-protecting-climate-forests-livelihoods (2019)

IPCC Climate Change (2014): Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

IPCC (2022): Cimate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assesment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

klimaaktiv: Rechnen mit Kohlendioxid www.klimaaktiv.at/mobilitaet/mobilitaetsmanagem/bildung/Projekttipps_/co2.html (2019)

Konradin Medien GmbH: www.wissenschaft.de/umwelt-natur/der-gruenen-lunge-geht-die-puste-aus/ (2019)

Le Quéré, C. et al. Global Carbon Budget 2018. Earth System Science Data 10 (2018)

Mercartor Researcht Institute on Clobal Commons and Climte Change: https://www.mcc-ber-lin.net/en/research/co2-budget.html (2023)

Met Office: www.youtube.com/watch?v=uHbxSYDqTR8 (2019)

National Geographic: www.youtube.com/watch?v=EtW2rrLHs08 (2019)

Nelles D., Serrer C. (2018): Kleine Gase – Große Wirkung. Der Klimawandel

Office for Climate Education (2018): IPCC-Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung. Zusam-

menfassung für Lehrerinnen und Lehrer: http://www.oce.global/de/resources/climate-science/Zusammenfassung-fur-Lehrerinnen-und-Lehrer

PICS Climate Insights: www.youtube.com/watch?v=VTfgNFz1DBM (2019)

Real World Visuals: youtu.be/DtqSlplGXOA (2019)

Umweltbundesamt: https://www.umweltbundesamt.at/klima/treibhausgase (2023)

Umweltbundesamt (2018): Klimaschutzbericht 2018

United Nations, UN-REDD-Programme: www.un-redd.org/forest-facts (2019)

Welt: www.welt.de/wissenschaft/article175371263/Klimawandel-Der-Golfstrom-schwaechtsich-ab.html (2019)

3 Auswirkungen des Klimawandels

Climate Central: sealevel.climatecentral.org/research/reports/mapping-choices-carbon-climate-and-rising-seas-our-global-legacy (2019)

Die Zeit (2019/Nr. 2): Sterbende Natur bzw. Wie geht es den Arten (Fritz Habekuss)

Essl F., Rabitsch W., (Hrsg.), (2013): Biodiversität und Klimawandel. Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa. Springer.

Europäische Kommission: ec.europa.eu/clima/change/consequences_de (2019)

FORUM Umweltbildung (2007): Timeline: Auf Spurensuche in die Zukunft. Von Tschernobyl bis Klimawandel, Umweltdachverband

FORUM Umweltbildung: www.umweltbildung.at/cgi-bin/cms/praxisdb/suche.pl?aktion=uvs&typ=Umsetzungsvorschlaege&basisid=431&&sb=schnappschu (2019)

Gesellschaft für ökologische Forschung e.V.: www.gletscherarchiv.de/fotovergleiche/glet-scher_liste_oesterreich/ (2019)

Interessensgemeinschaft Windkraft, A. Beer (2017): Fluchtursache Klimawandel. Energiewende jetzt. Unterrichtsmaterial ab der 8. Schulstufe

IPBES (2019): Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger des globalen Assesments der biologischen Vielfalt und Ökosystemleistungen der Zwischenstaatlichen Plattform für Biodiversität und Ökosystemleistungen. Biologische Vielfalt und Ökosystemleistungen, Bonn: IPBES-Sekretariat.

IPCC Synthesebericht (2014): Zusammenfassung für Politische Entscheidungsträger:innen Klimabündnis Österreich (2018): Klima, was ist das? Materialien für den Unterricht für Pädagog:innen der 2 bis 5. Schulstufe.

Kromp-Kolb H., Formayer H. (2018): + 2 Grad. Warum wir uns für die Rettung der Welt erwärmen sollten, Molden

Mascher A. (2018): Der Klimawandel in Grönland und dessen globale Auswirkungen. Vwa, Wien

NASA: climate.nasa.gov/interactives/climate-time-machine (2019)

National Geograhic:https://www.nationalgeographic.de/fotografie/2021/02/gletscherschmelze-in-europa-die-vorher-nachher-bilder-des-klimawandels-von-1880 (2023)

Nelles D., Serrer C. (2018): Kleine Gase – Große Wirkung. Der Klimawandel.

Oberli S.: gletschervergleiche.ch/Pages/ImageCompare.aspx?Id=1 (2019)

Office for Climate Education (2018): IPCC-Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung. Zusammenfassung für Lehrerinnen und Lehrer (oce.global/de/resources/climate-science/Zusammenfassung-fur-Lehrerinnen-und-Lehrer)

PLOS One (2023): https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pho-ne.0293083 (2023)

Potsdam-Institut für Klimawandelforschung: https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/golfstrom-system-schwaecher-als-je-zuvor-im-vergangenen-jahrtausend (2023) Rahmstorf, S., Schellnhuber, H. J. (2018): Der Klimawandel, C.H.Beck

Potsdam-Institut für Klimawandelforschung: www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrich-

ten/ueberblicksartikel-die-atlantische-umwaelzstroemung-als-kipppunkt (2024)

Smart Energy for Europe Platform: klimafakten.de www.klimafakten.de/behauptungen/behauptung-tiere-und-pflanzen-werden-sich-den-klimawandel-anpassen (2019)

Universität Wien: medienportal.univie.ac.at/uniview/forschung/detailansicht/artikel/kalteboeden-eine-tickende-klima-zeitbombe/ (2019)

Weltgesundheitsorganisation (WHO): https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health

Wiki.bildungsserver: wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Ozeanversauerung (2019); wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Kryosph%C3%A4re_im_Klimasystem (2019)

ZAMG WebTV: www.youtube.com/watch?v=TXC0Y56wG3w&feature=youtu.be (2019) ZEIT Online: https://www.zeit.de/news/2023-11/08/zwei-millionen-arten-weltweit-gefaehrdet (2023)

4 Internationale Zusammenarbeit

Bundeskanzleramt (2020): Aus Verantwortung für Österreich. Regierungsprogramm 2020-2024.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus / Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2018): mission 2030. Die Klima- und Energiestrategie der Österreichischen Bundesregierung.

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2014): Klimawandel – Was tun? www. bmnt.gv.at/umwelt/klimaschutz/klimapolitik_national/anpassungsstrategie/broschuere. html

Carbon Brief: https://www.carbonbrief.org/analysis-why-the-ipcc-1-5c-report-expanded-the-carbon-budget (2019)

CCCA (2022): 1,5° C: Wieviel Treibhausgase dürfen wir noch emittieren? Hintergrundpapier zu globalen und nationalen Treibhausgasbudgets. K. Steininger, T. Schinko, H. Rieder, H. Kromp-Kolb, S. Kienberger, G. Kirchengast, C. Michl, I. Schwarzl, S. Lambert. Wien: CCCA FORUM Umweltwildung: www.umweltbildung.at > methoden (2019)

IPCC (2018): Global Warming of 1,5 °C, Chapter 2 Migitation Pathways Compatible with 1,5 °C in the context of Sustainable Development

IPCC (2021): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2021): Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung – Zusammenfassung für Politische Entscheidungsträger:innen

IPCC (2021): Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

Klima- und Energiefonds (2018): Leitfaden KLAR! Klimawandel-Anpassungsmodellregionen.

Klimabündnis Österreich (2018): Klima, was ist das? Unterrichtsmaterialien für Pädagog:innen der 2. bis 5. Schulstufe.

Klimabündnis Österreich (2019): Klima und Energie II. Unterrichtsmaterialien für Pädagog:innen der 7.-12. Schulstufe

Klimabündnis Österreich: Packen wir's an: www.youtube.com/watch?v=j1cM7GWbJy4 (2015) Klimabündnis Österreich: www.klimabuendnis.at/anpassung (2019)

Kromp-Kolb H., Formayer H. (2018): + 2 Grad. Warum wir uns für die Rettung der Welt erwärmen sollten, Molden

Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change: https://www.mcc-ber-lin.net/de/forschung/co2-budget.html (2019)

Office for Climate Education (2018): IPCC-Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung. Zusammenfassung für Lehrerinnen und Lehrer (http://www.oce.global/de/resources/climate-science/Zusammenfassung-fur-Lehrerinnen-und-Lehrer)

SciLogs, Blogportal der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH: scilogs.spektrum.de/klimalounge/koennen-wir-die-globale-erwaermung-rechtzeitig-stoppen/ (2019)

scinex: https://www.scinexx.de/news/geowissen/klimawandel-wie-viel-co2-bleibt-uns-noch/ (2019)

Sommer J., Müller M. (Hrsg.) (2016): Unter 2 Grad? Was der Weltklimavertrag wirklich bringt. Hirzel

Statista: https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1738/umfrage/verteilung-der-weltbe-voelkerung-nach-kontinenten/ (2023)

Umweltbundesamt (2018): KLAR! 2018 Klimawandel-Anpassungsmodellregionen. Fachliches Informationspaket.

Umweltbundesamt (2018): Klimaschutzbericht 2018

Umweltbundesamt (2023): Klimaschutzbericht 2023

Umweltbundesamt: www.klar-anpassungsregionen.at (2019)

Umweltbundesamt: wwww.klimawandelanpassung.at (2019)

ZEIT Online: www.zeit.de/wissen/umwelt/2023-12/co2-ausstoss-weltweit-kohlenstoffbudget-bericht-hoechstwert (2023)

5 Klimafreundliches Handeln – mein Beitrag zum Klimaschutz

Brot für die Welt – Evangelischer Entwicklungsdienst, Evangelisches Werk für Diakonie und Entwicklung e.V.: www.fussabdruck.de/fussabdrucktest/#/start/index/ (2019)

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus: www.bmnt.gv.at/land/lebensmittel/ gs-lebensmittel/ernaehrung/ernaehrung_klima/ernaehrung_klima.html (2019)

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus: www.mein-fussabdruck.at/ (2019)

Gemeinde Wien: www.wien.gv.at/umweltschutz/abfall/lebensmittel/fakten.html (2019)

Global Footprint Network: www.footprintcalculator.org/ (2019)

Klimabündnis Österreich (2018): Klima, was ist das?

Klimabündnis Österreich (2019): Klima und Energie II. Unterrichtsmaterialien für Pädagog:innen der 7.-12. Schulstufe

KlimAktiv gemeinützige Gesellschaft zur Förderung des Klimaschutzes mbH: uba.co2-rechner.de/de_DE/ (2019)

Kromp-Kolb, H., Formayer H. (2018): +2 Grad. Warum wir uns für die Rettung der Welt erwärmen sollten.

Nelles, D., Serrer, C. (2018): Kleine Gase – Große Wirkung. Der Klimawandel.

Klimabündnis Österreich (k.D.): Klimawerkstatt II.

Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/4125.pdf (2019)

Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.at/emas/co2mon/co2mon.html (2019)

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH: www.ressourcen-rechner.de/ (2019)

WWF Schweiz: www.wwf.ch/de/nachhaltig-leben/footprintrechner (2019)

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Wetter ist nicht gleich Klima, Klimabündnis Österreich, Foto: photoschmid
- Abb. 2: "Ein paar Grad weniger" machen einen großen Unterschied, Klimabündnis Österreich
- Abb. 3: Änderungen im Strahlungsantrieb der Erde seit dem Jahr 1750, nach US Climate Science Report 2017, eigene Darstellung
- Abb. 4 und Arbeitsblatt S. 17: Der natürliche Treibhauseffekt, nach Nelles D., Serrer C. (2018), Kleine Gase große Wirkung. Der Klimawandel, eigene Darstellung
- Abb. 5: Der Kohlenstoffkreislauf, Adobe stock
- Abb. 6: Die wichtigsten Kippelemente im Erdsystem, Creative Commons BY-ND 3.0 DE Lizenz
- Abb. 7: Nutzung fossiler Energieträger seit 1850, Earth Policy Institute, www.earth-policy.org, eigene Darstellung
- Abb. 8: Beitrag der Treibhausgasemissionen zum menschengemachten Treibhauseffekt, Figure SPM.8 in IPCC (2022): Cimate Change 2022. Mitigation of Climate Change. Working Group III contribution to the Sixth Assesment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, eigene Darstellung
- Abb. 9: Der natürliche und der menschengemachte Treibhauseffekt, nach Nelles D., Serrer C. (2018), Kleine Gase große Wirkung. Der Klimawandel, eigene Darstellung
- Abb. 10: Anstieg der CO₂-Konzentration in ppm, nach www.co2.earth, eigene Darstellung
- Abb. 11: Anteil der Sektoren an den gesamten Treibhausgasemissionen, Umweltbundesamt, Klimaschutzbericht, eigene Darstellung
- Abb. 12: Mögliche Entwicklungen der globalen Temperatur bis zum Jahr 2100; Creative Commons BY 4.0 Figure SPM.8 in IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Abb. 13: Klimaziele: Wie viel CO₂ dürfen wir noch emittieren?, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, eigene Darstellung
- Abb. 14: Kohlenstoff-Restbudget, eigene Darstellung
- Abb. 15: Möglicher Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100, climateactiontracker.org/, eigene Darstellung
- Abb. 16: Klimaschutz und Klimawandel, Umweltbundesamt KLAR!, eigene Darstellung

Fotonachweise

Cover: Adobe Stock, Pixabay, eigene Darstellung

Seite 6, 7: Pixabay (oben) Seite 7: photoschmidt

Seite 18, 19: Adobe Stock (Hintergrundbild), Klimabündnis Österreich (unten links), Pixabay

(unten)

Seite 20, 21: Pixabay (oben) Seite 24: Adobe Stock, Pixabay Seite 30, 31: Pexels (oben)

Seite 32: Adobe Stock

Seite 33: Adobe Stock

Seite 34: Pixabay, Pexels

Seite 35: Pixabay

Seite 37: Adobe Stock

Seite 39: Adobe Stock

Seite 40: Pixabay (oben links), Adobe Stock (oben rechts), Unsplash (unten)

Seite 45: Unsplash (Hintergrundbild), Foto: © L.S. Mills research photos/Jaco and Lindsey

Barnard

Seite 46, 47: Unsplash

Seite 52: Adobe Stock

Seite 55: Adobe Stock

Seite 64, 65: Unsplash (oben)

Seite 65: Adobe Stock (unten)

Seite 66: Veronika Tanton, Freepik.com, Pixabay

Angebote des Klimabündnis

Workshops, Materialien und Aktionen zu den Themen Klima, Mobilität, Energie, Klimagerechtigkeit, Biodiversität und mehr finden Sie unter:

www.klimabuendnis.at/alle-angebote/

Schulen im Klimabündnis-Netzwerk

Klimabündnis-Schulen beschäftigen sich ganzheitlich mit klimarelevanten Themen und suchen neue Wege zu klimaschonendem Handeln.

So kann auch Ihre Bildungseinrichtung Klimabündnis-Schule werden:

www.klimabuendnis.at > Bundesland auswählen > Hauptmenü "Bildungseinrichtungen" > Drop-Down-Menü "Mitglied werden"

Impressum

Klimafakten.Klimawandel Vom Wissen zum Handeln

Zweite Auflage 2024 Herausgeber und Vertrieb: Klimabündnis Österreich Prinz-Eugen-Straße 72, 1040 Wien www.klimabuendnis.at



Das Klimabündnis Österreich ist eine globale Partnerschaft zum Schutz des Klimas. Es verbindet Gemeinden in Europa mit indigenen Völkern in Südamerika. Die gemeinsamen Ziele sind die Verringerung der Treibhausgasemissionen und der Schutz des Amazonas-Regenwaldes.

Autor:innen

Marion Kaar, Johanna Ofenböck, Christoph Pranz

Gestaltung & Layout

Veronika Tanton

Redaktion

Marion Kaar

Korrektorat

Eva Bauer

Danke an

Birgit Kaiserreiner, Barbara Kronberger, Hannes Höller, Thomas Kautnek, Elena Schimanek, Leon Nöhrig, Maria Zögernitz

In Kooperation mit dem Climate Change Centre Austria (CCCA)

Danke an Helga Kromp-Kolb, Herbert Formayer, Claudia Michl



Druck

Gugler Medien GmbH, Melk 2024



Gedruckt nach der Richtlinie "Druckerzeugnisse" des Österreichischen Umweltzeichens. gugler* print, Melk, UWZ-Nr. 609, www.gugler.at

Diese Unterrichtsmaterialien wurden von Klimabündnis Österreich erstellt; gefördert vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) / Abteilung Allgemeine Klimapolitik.

BundesministeriumKlimaschutz, Umwelt,

Energie, Mobilität, Innovation und Technologie



Energie, Mobilität,

Innovation und Technologie