



Klimabündnis
Österreich

Klimafakten.Klimawandel

Vom Wissen zum Handeln



Unterrichtsmaterialien

für PädagogInnen und Pädagogen
der 9. bis 12. Schulstufe

 Bundesministerium
Nachhaltigkeit und
Tourismus

Vorwort

Liebe Pädagoginnen und Pädagogen!

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, im Sinne des Klimaschutzes zu handeln, 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 max. 2 °C, nach Möglichkeit auf 1,5 °C, 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 PädagogInnen mit diesen Materialien Impulse geben, dieses brisante Thema im Unterricht vielschichtig und fächerübergreifend zu diskutieren und gemeinsam mit den SchülerInnen Wissen zu vertiefen und Handlungsspielräume zu erweitern.

Neben den kompakten Hintergrundinformationen finden sich auch Ideen für Aktivitäten sowie Arbeits- und Leseblätter als Kopiervorlage für SchülerInnen. Gerne können die Hintergrundinformationen für PädagogInnen auch als Kopiervorlage für die SchülerInnen genutzt werden.

Diese Materialien sowie weitere Informationen finden Sie auch unter www.klimabuendnis.at/klimawandel_wissen_handeln

Wir wünschen viel Erfolg und Freude mit dieser Broschüre!

Diese Unterrichtsmaterialien wurden von Klimabündnis Österreich im Auftrag des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), Projektleitung Abteilung IV/1 erstellt – in Kooperation mit dem Climate Change Centre Austria (CCCA), dem Netzwerk für Klimaforschung in Österreich.

Inhalt

	Vorwort	3
	Inhaltsverzeichnis	4
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 anthropogene 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 und geänderte Landnutzung	23
	Quellen der Treibhausgase in Österreich	25
	Aktivitäten	26
	Arbeitsblatt	29
3	Auswirkungen des Klimawandels	30
	Das Polareis schmilzt	30
	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/Klimamigration	39
	Auswirkungen des Klimawandels in Österreich	39
	Aktivitäten	41
	Leseblatt	45

4	Internationale Zusammenarbeit	46
	Klimaabkommen von Paris	46
	IPCC – Weltklimarat	48
	Kohlenstoff-Budget – Wie viel CO ₂ dürfen wir noch ausstoßen?	49
	Wie können die Klimaziele von Paris erreicht werden?	51
	Anpassung an den Klimawandel	53
	Die Bedeutung der Klimaziele für Österreich	54
	Aktivitäten	57
	Arbeitsblatt	61
5	Klimafreundliches Handeln – mein Beitrag zum Klimaschutz	64
	„Als Einzelperson kann man doch sowieso nichts bewirken!“	64
	Konsum	64
	Ernährung	66
	Energie	68
	Mobilität	68
	Aktivitäten	70
	Lösungsblatt	75
	Quellenangaben	77
	Abbildungsverzeichnis	80
	Fotonachweise	81
	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 auch 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. Am Ende der letzten Eiszeit kam es über eine Zeitspanne von etwa 5.000 Jahren zu einem globalen Mitteltemperaturanstieg von ca. 5 °C. Die Gefahr besteht, dass die Menschheit durch die exzessive Förderung und Verbrennung fossiler Energieträger nun den gleichen Temperaturanstieg innerhalb von 100 bis 200 Jahren bewirkt.

Jedes der letzten drei Jahrzehnte war an der Erdoberfläche sukzessive wärmer als alle vorangehenden Jahrzehnte seit 1850.

IPCC Synthesebericht, 2014

Während der letzten 12.000 Jahre war das Klima relativ stabil. Die vergleichsweise konstanten Klimaverhältnisse haben auch 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 °C erhöht. Um weitreichende irreversible Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden, müssen wir die durchschnittliche globale Erwärmung auf maximal 2 °C, nach Möglichkeit 1,5 °C, gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter beschränken. 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 weniger“ Wetter ist nicht gleich Klima

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 (Gashölle 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 „Energiegleichgewicht“ 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. Albedo (Anteil an reflektierter Strahlung) kann sich erhöhen**

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. 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 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.

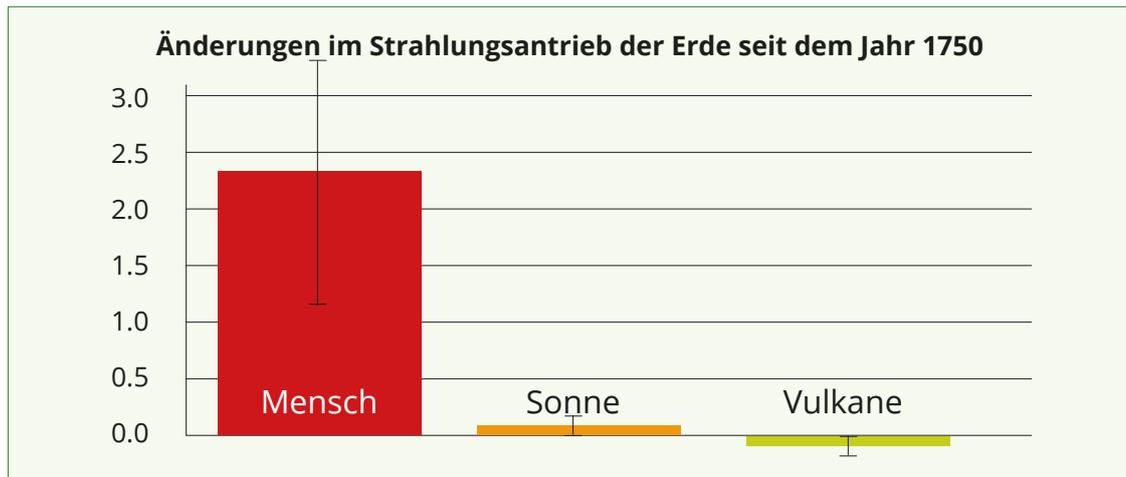


Abbildung 3: Änderungen im Strahlungsantrieb der Erde seit dem Jahr 1750 (in W/m²)

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 (N_2) und Sauerstoff (O_2). Die natürlich in der Atmosphäre vorkommenden Treibhausgase Kohlendioxid (CO_2), Ozon (O_3), Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O) machen insgesamt nur 0,04 Prozent aus. Der Anteil von Wasserdampf (H_2O) 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 (O_2) haben kein Dipolmoment und sind somit auch nicht treibhauswirksam.

Der natürliche Treibhauseffekt (vereinfachte Darstellung)

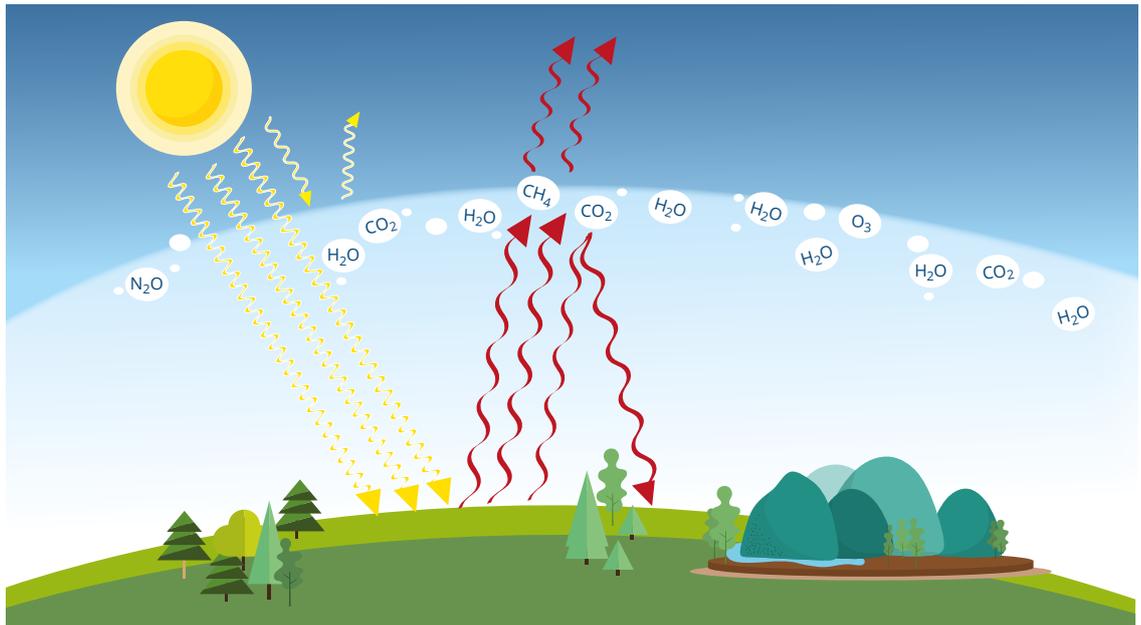


Abbildung 4: Der natürliche Treibhauseffekt

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

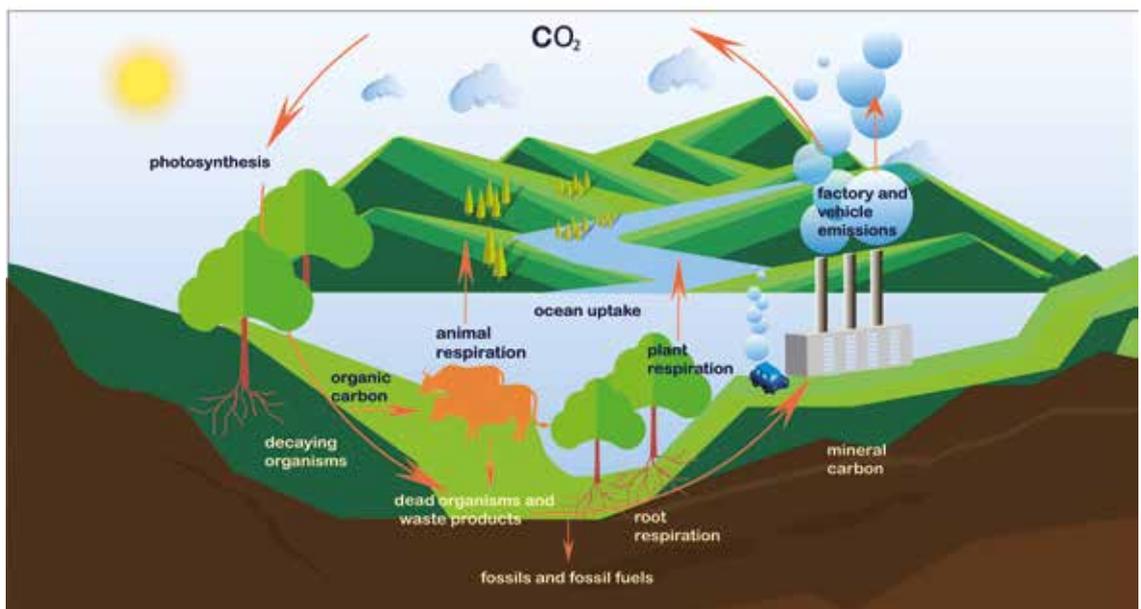


Abbildung 5: Der Kohlenstoffkreislauf (vereinfachte Darstellung)

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 ursprüngliche Effekte entweder sich selbst verstärken oder sich selbst 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 einfallenden 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 und es werden die darunter liegenden, in der Regel dunkleren Flächen, welche mehr Wärme absorbieren, 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 (ZAMG, Informationsportal Klimawandel): „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.“

Kippelemente im Klimasystem

Kippelemente können als „Achillesferse“ im Klimasystem betrachtet werden. Sie sind von überregionaler Größe und 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 Kippelemente lassen sich in drei Klassen einteilen: Eiskörper, Strömungssysteme und Ökosysteme.

Die wichtigsten Kippelemente im Klimasystem

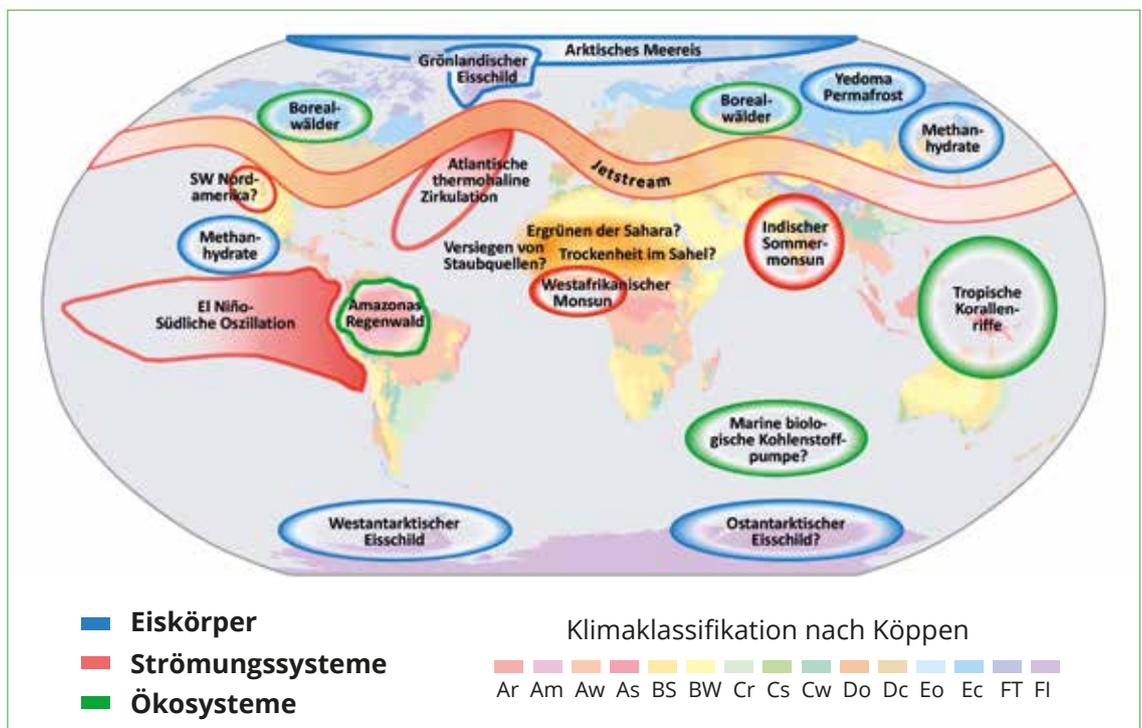


Abbildung 6: Geografische Einordnung der wichtigsten Kippelemente im Erdsystem mit Angabe der Klimazonen nach Köppen (Quelle: PIK, 2017, Creative Commons BY-ND 3.0 DE Lizenz)

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, der Kollaps des Westantarktischen Eisschildes sowie der Teilkollaps in der Ostantarktis, das Auftauen der Yedoma-Dauerfrostböden in Ostsibirien und die Methan-Ausgasung aus den Ozeanen.

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. Veränderungen der Strömungssysteme können zu einer Abschwächung der Atlantischen Umwälzströmung (und damit auch des Golfstromes), zur Störung des El Niño-Phänomens und zur Destabilisierung des Indischen Monsuns und zur Verlagerung des Westafrikanischen Monsuns sowie zum Austrocknen des Nordamerikanischen Südwestens führen.

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, der Rückgang der Nordischen Nadelwälder (Borealwälder), die Zerstörung von Korallenriffen und die Abschwächung der Marinen Kohlenstoffpumpe (Weltmeere).

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 Kohlenstoffsенке 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, www.pik-potsdam.de/services/infothek/kippelemente



Weitere Informationen zu Kippelementen siehe www.pik-potsdam.de/services/infothek/



Aktivitäten

Klima.Wissen vertiefen

Material: große Papierblätter bzw. Flipchart, Stifte

Ablauf: Die SchülerInnen 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), ev. Hintergrundinformationen 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, Rückgänge der Nordischen Nadelwälder, Zerstörung von Korallenriffen, etc.) recherchiert und in der Klasse vorgestellt.



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

System-Dreieck – systemische Zusammenhänge verstehen

Material: ausreichend Raum, zumindest zehn SchülerInnen

Ablauf: Die SchülerInnen stellen sich im Kreis auf. Jede/r sucht für sich nun still zwei andere TeilnehmerInnen aus, ohne dies mitzuteilen. Dabei soll es sich nicht nur um die engsten FreundInnen handeln. Auf ein Startzeichen der Lehrperson versuchen nun alle, mit den zwei ausgesuchten Personen ein gleichseitiges Dreieck, unabhängig von Größe, zu bilden. 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 TeilnehmerInnen 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, ev. 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 werden bzw. an die Tafel geschrieben. Die entsprechenden Entgegnungen sind dann im Vortrag der Lehrperson zu finden bzw. suchen die SchülerInnen 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, www.klimabuendnis.at/klimartikulieren-booklet

Klima-Blogs & Co.

Material: Internet, Schreibmaterial

Ablauf: Die SchülerInnen recherchieren einzeln nach Blogs, Artikelserien oder anderen Webbeiträgen, 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 SchülerInnen dabei helfen, fundierte Informationen von irreführenden Falschmeldungen zu unterscheiden.

Beispiel: Blog Erklär mir die Welt – Klimakrise

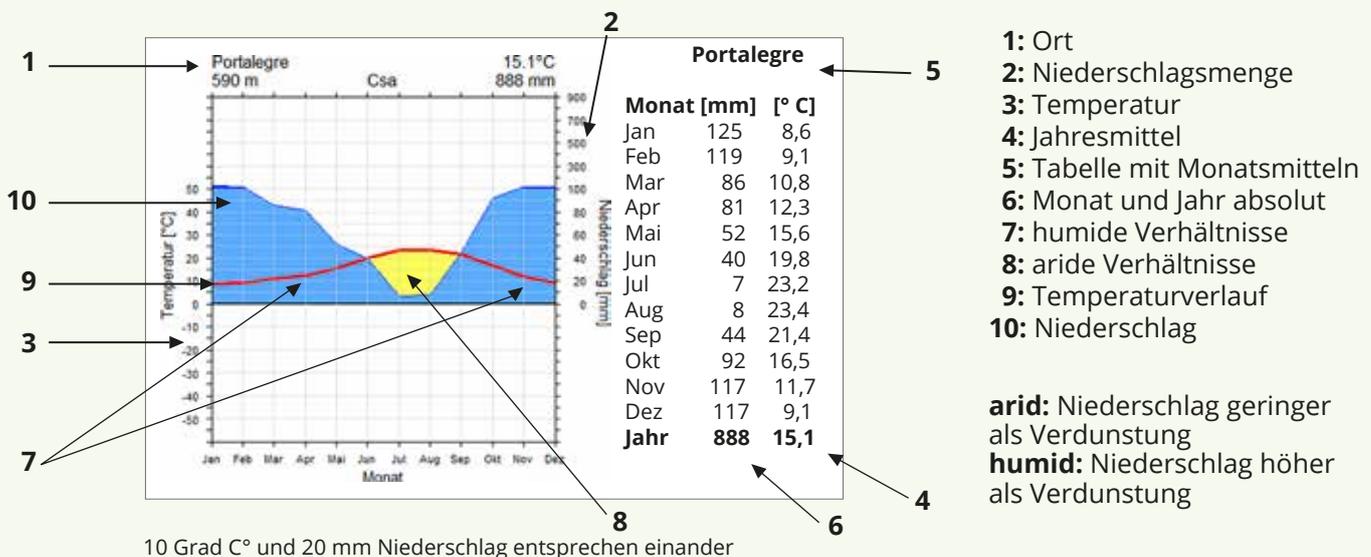
erklaermir.simplecast.com/episodes/21-erklar-mir-die-klimakrise-ottmar-0d4f3208

Klimadiagramm nach Walter und Lieth

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

Ablauf: Mit den SchülerInnen 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 verortet. Gemeinsam können diese verglichen und die Ursachen für Unterschiede ergründet werden. Im Anschluss erhalten alle SchülerInnen ein Klimadiagramm (ausgedruckt oder digital/Internet), interpretieren dieses und halten das Ergebnis schriftlich fest. Danach erfolgt eine Diskussion der Ergebnisse.

Beispiel für ein Klimadiagramm - nach Walter und Lieth



- 1: Ort
 - 2: Niederschlagsmenge
 - 3: Temperatur
 - 4: Jahresmittel
 - 5: Tabelle mit Monatsmitteln
 - 6: Monat und Jahr absolut
 - 7: humide Verhältnisse
 - 8: aride Verhältnisse
 - 9: Temperaturverlauf
 - 10: Niederschlag
- arid:** Niederschlag geringer als Verdunstung
humid: Niederschlag höher als Verdunstung

Quelle: klimadiagramme.de/Europa/portalegre.html

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.)

Bedeutende Umweltereignisse – Erstellen einer Timeline

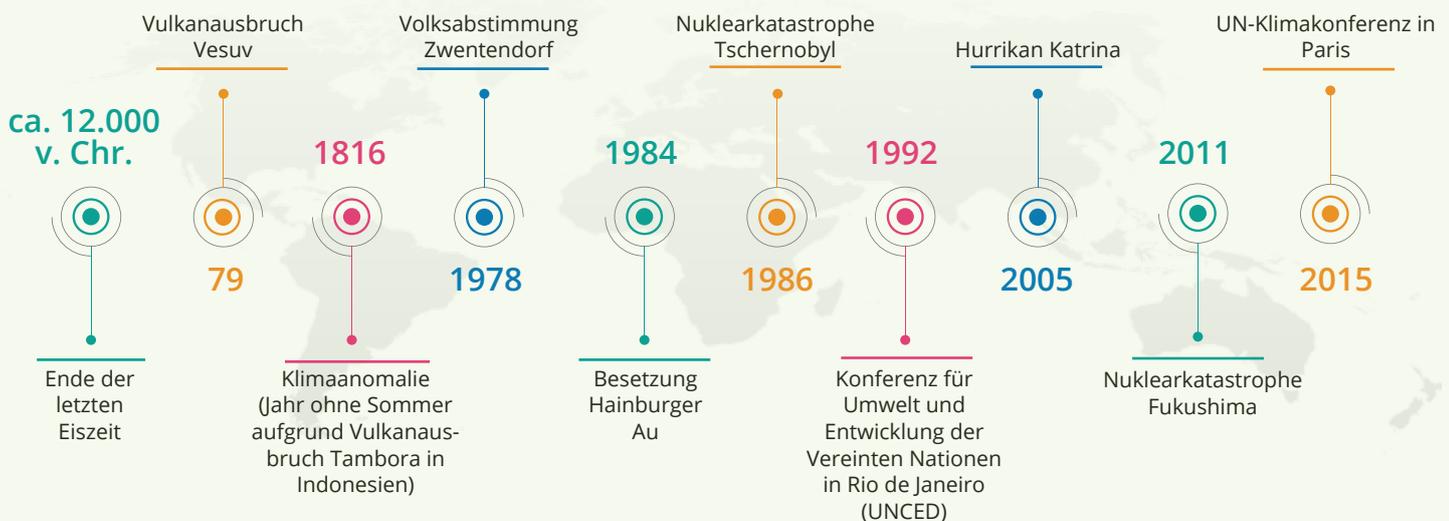
Material: Set von Kärtchen mit Umweltereignissen sowie ein Set von Kärtchen mit den zu den Umweltereignissen korrespondierenden Jahreszahlen (für mehrmalige Verwendung in Folie laminiert).

Ablauf: Alle Kärtchen werden auf dem Boden oder auf einem Tisch willkürlich verteilt. Die SchülerInnen 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 korrekten Lösung verglichen werden.

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

Beispiele für Umweltereignisse

(hier handelt es sich um einen beliebig anpassbaren Auszug):



Leseblatt Amazonas-Regenwald

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

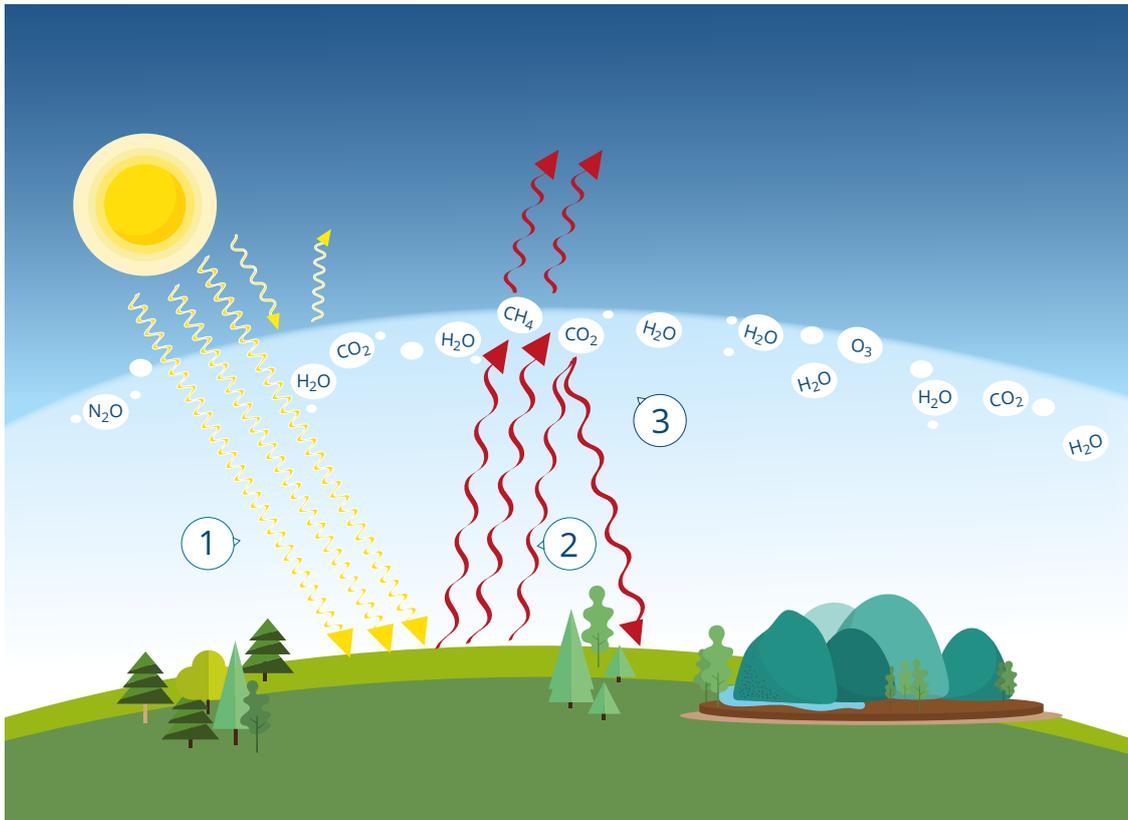
Ablauf: Die SchülerInnen lesen aufmerksam den Text, jede/r für sich. Danach werden zu dem Artikel Fragen gestellt und in der Gruppe diskutiert.

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?



Treibhauseffekt (vereinfachte Darstellung)



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

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 ForscherInnen.

„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 mit bestimmt. 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 ForscherInnen nun so genannte 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 CO₂- 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 Future-Lab ‚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]
www.nature.com/articles/s41561-019-0312-z

Quelle: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (25.02.2019)
<https://www.pik-potsdam.de/aktuelles/pressemitteilungen/der-amazonaswald-kann-durch-wechselhafte-regenfalle-trainiert-werden-dem-tempo-des-klimawandels-ist-er-moeglicherweise-dennoch-nicht-gewachsen>



2

Ursachen für die anthropogene 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 CO₂ 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 °C gestiegen. Abbildung 7 zeigt den Zusammenhang zwischen der Nutzung fossiler Brennstoffe und dem Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre seit 1850 in ppm (parts per million).

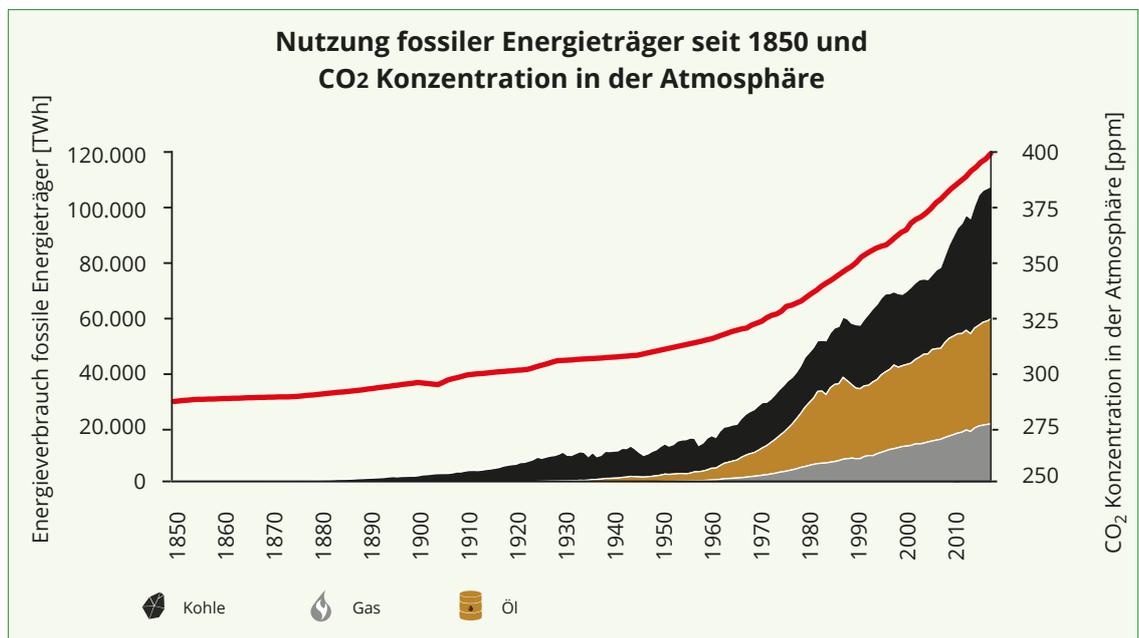


Abbildung 7: Entwicklung der Nutzung fossiler Energieträger seit 1850

Die globale Konzentration von CO₂ ist seit Beginn der Industrialisierung um rund 44 Prozent gestiegen. Der vorindustrielle CO₂-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 (CO₂), Methan (CH₄) und Lachgas (N₂O) 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.

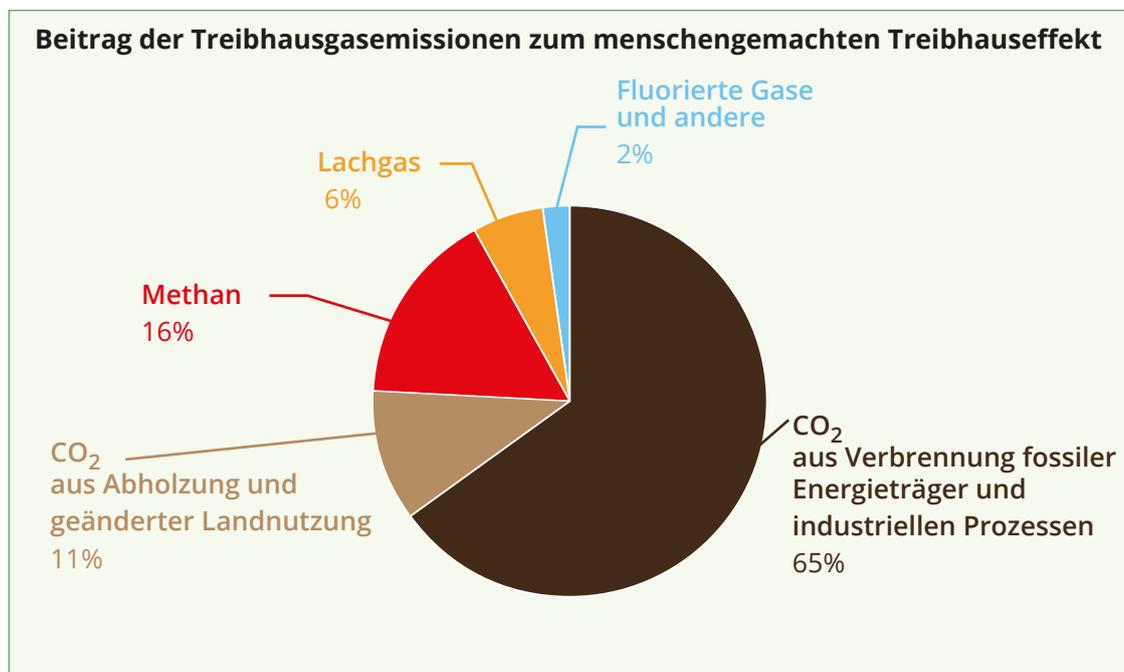


Abbildung 8: Beitrag der Treibhausgasemissionen zum menschengemachten Treibhauseffekt im Jahr 2010

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 Kälte- und Klimaanlage, 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 Treibhauspotential bzw. CO₂-Äquivalent?

CO₂ ist das wichtigste anthropogene Treibhausgas und gilt als Bezugsgas für die unterschiedlichen Treibhausgase. Das Treibhauspotential (auf englisch Global warming potential, GWP) oder CO₂-Äquivalent ist eine Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung der Treibhausgase. Es drückt aus, wie stark Gase, im Vergleich zur gleichen Menge CO₂, in einem bestimmten Zeitraum (meist 100 Jahre) zur globalen Erwärmung beitragen. Das Treibhauspotential (GWP) von Methan beträgt beispielsweise 28, das GWP von Lachgas 256.



Der menschengemachte Treibhauseffekt

Der natürliche Treibhauseffekt wird durch den zusätzlichen Ausstoß anthropogener Treibhausgase verstärkt. Ebenso wie die natürlichen Treibhausgase 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.

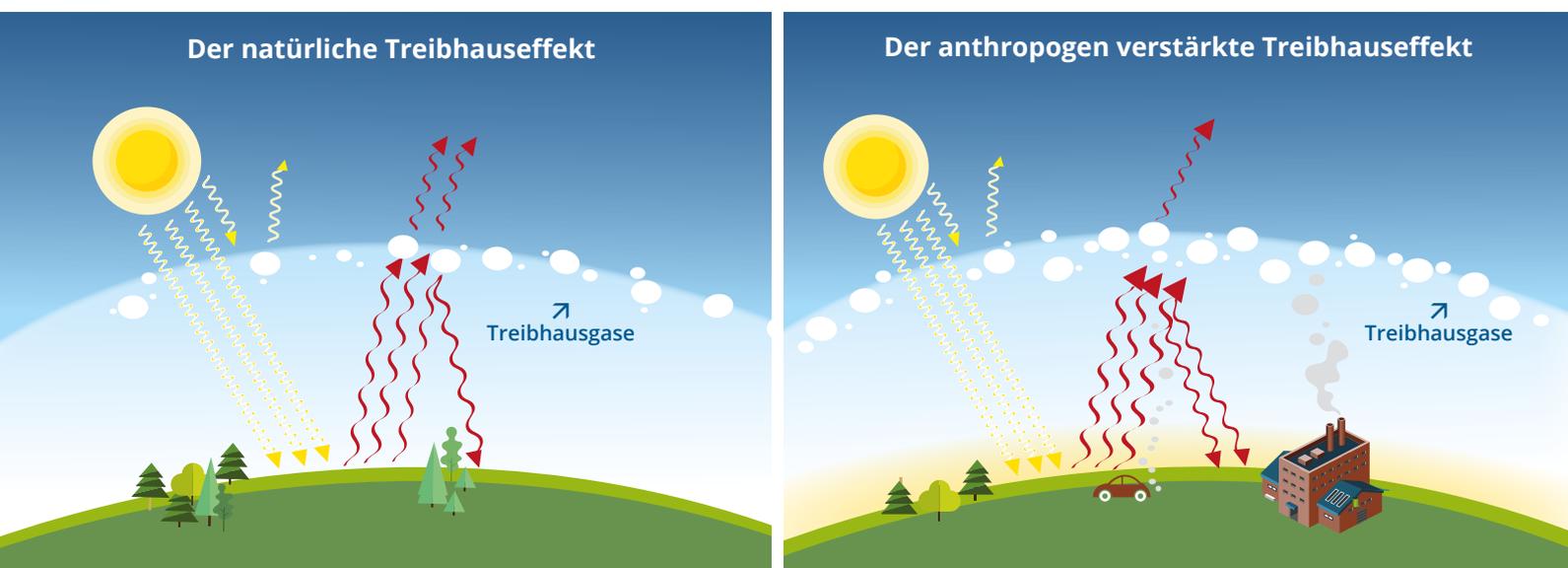


Abbildung 9: Der natürliche Treibhauseffekt wird durch anthropogene Treibhausgase verstärkt (vereinfachte Darstellung)

Menschliche Einflüsse auf den globalen Kohlenstoff-Kreislauf

Durch menschliche Aktivitäten werden weltweit aktuell durchschnittlich 42 Gigatonnen (eine Gigatonne sind Tausend Millionen Tonnen) CO₂ pro Jahr ausgestoßen. Vegetation und Böden können davon ca. 29 Prozent aufnehmen, Ozeane ca. 22 Prozent. Etwa 44 Prozent des ausgestoßenen CO₂ verbleiben in der Atmosphäre und erhöhen somit die CO₂-Konzentration. Wo die restlichen 5 Prozent verbleiben ist unklar.

Durch die Verbrennung fossiler Energieträger wird Kohlenstoff, der Jahrtausenden in Form von Kohle oder Erdöl gebunden war, nun in kurzer Zeit freigesetzt. Die Atmosphäre weist heute eine wesentlich höhere CO₂-Konzentration auf als in den letzten 800.000 Jahren. Wälder, gesunde Böden und Ozeane können als sogenannte CO₂-Senken fungieren und die globale Erwärmung abschwächen, allerdings sind diese Kapazitäten auch begrenzt bzw. gefährdet. Durch die großflächige Abholzung von Wäldern und die Zerstörung bzw. Versiegelung gesunder Böden können diese nicht mehr so viel CO₂ aufnehmen. Die Ozeane werden durch die erhöhte Aufnahme von CO₂ saurer und erwärmen sich. Sie sind somit ebenfalls – als CO₂-Senken sowie als Ökosysteme und Lebensraum unzähliger Arten – gefährdet.

Anstieg der CO₂-Emissionen

Wie in Abbildung 10 ersichtlich, steigen die CO₂-Emissionen weiter an. Die Verbrennung der fossilen Energieträger Kohle, Erdöl und Erdgas ist für rund 85 Prozent des weltweiten CO₂-Ausstoßes verantwortlich.

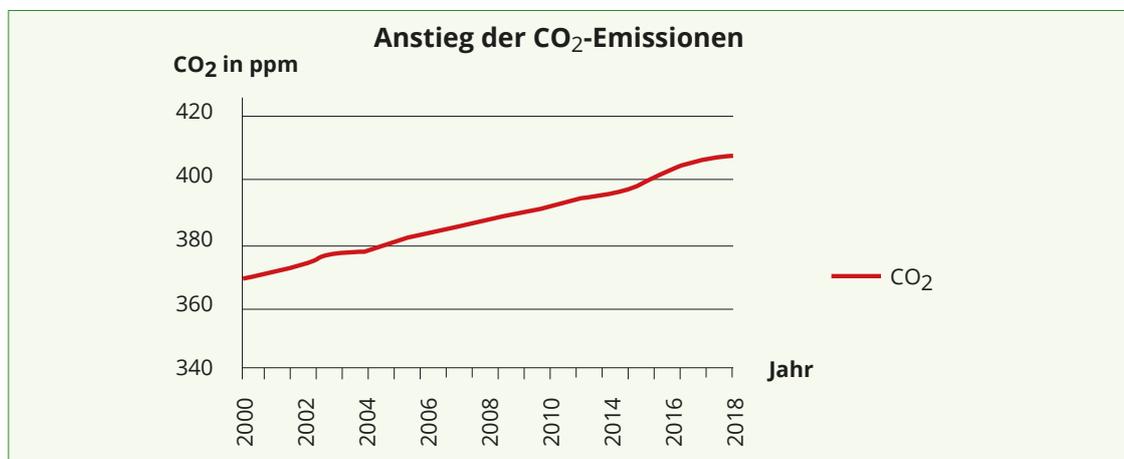
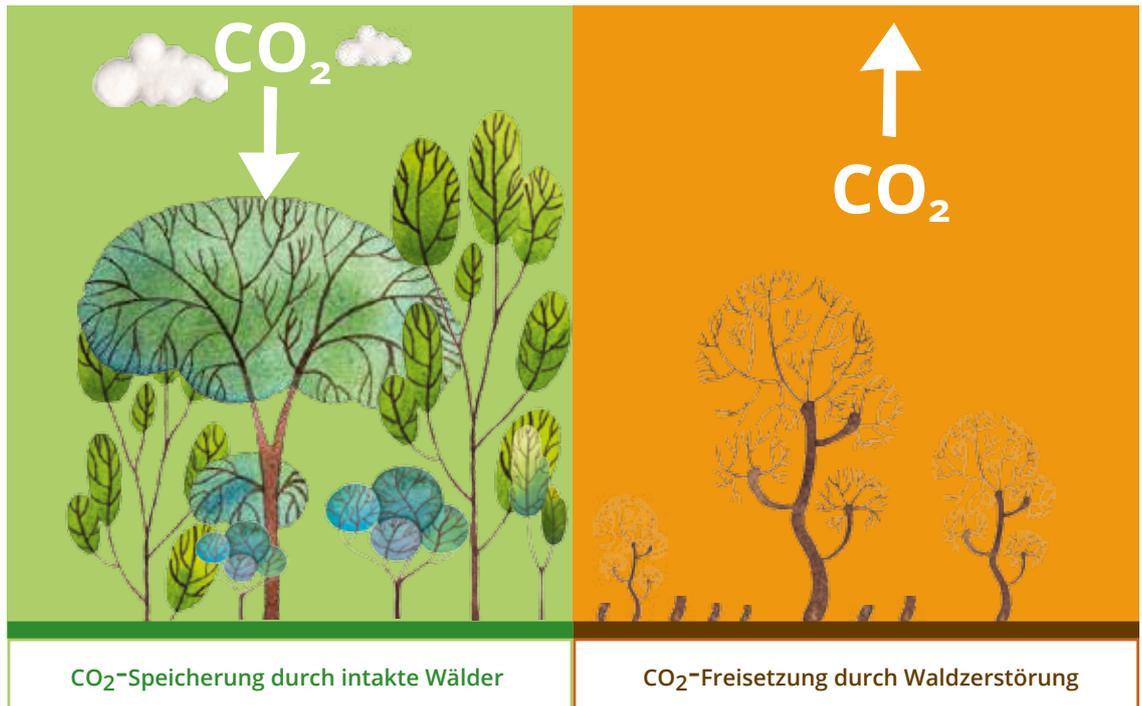


Abbildung 10: Anstieg der globalen CO₂-Emissionen in ppm

Entwaldung und geänderte Landnutzung

Geänderte Landnutzung trägt wesentlich zur Klimakrise bei. Rund 12 Prozent der globalen anthropogenen Treibhausgase sind auf großflächige Entwaldung und andere geänderte Landnutzung zurückzuführen. In der Biomasse der Wälder sowie in den Böden gesunder Wälder sind riesige Mengen an Kohlenstoff gebunden (siehe Abbildung S. 23). 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.



Auf unserer Erde geht jede Minute ein Waldgebiet von etwa 40 Fußballfeldern verloren. Zum überwiegenden Teil ist die Landwirtschaft für Entwaldung verantwortlich, insbesondere Viehhaltung, Palmöl- und Sojaproduktion. In den Tropen gingen im Jahr 2017 fast 15,8 Millionen Hektar an Waldfläche verloren.



Quellen der Treibhausgase in Österreich

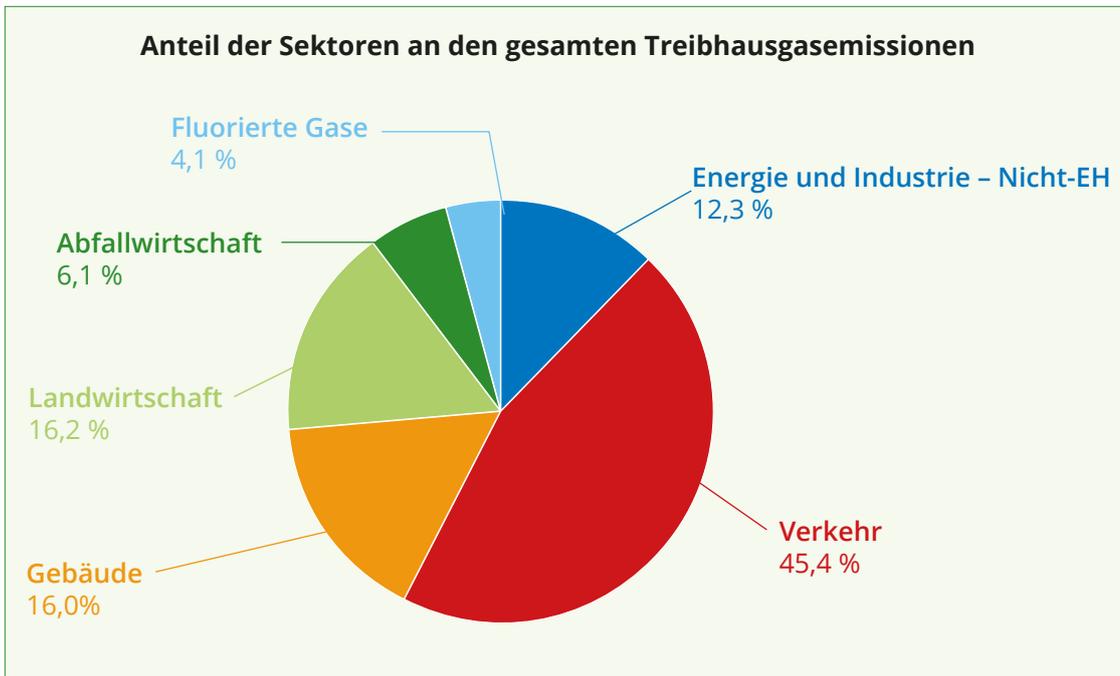


Abbildung 11: Anteil der Treibhausgasemissionen in Österreich im Jahr 2016 (ohne Emissionshandel)

Die 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 beruht.

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



Aktivitäten

Treibhausgase – Gruppen recherchieren

Material: Internet oder Unterlagen, wie z.B. Hintergrundinformationen dieses Kapitels

Ablauf: Die SchülerInnen werden in vier Gruppen eingeteilt. Jeder Gruppe wird eines der Treibhausgase CO₂, Methan, Lachgas bzw. fluorierte Gase zur Recherche zugewiesen. 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 SchülerInnen 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 MitschülerInnen wichtig, welche Maßnahmen sollen gesetzt werden? Die SchülerInnen erstellen dazu einen Fragebogen, online bzw. auf Papier ausgedruckt, oder führen persönliche Interviews. Die Ergebnisse werden ausgewertet und präsentiert sowie diskutiert.

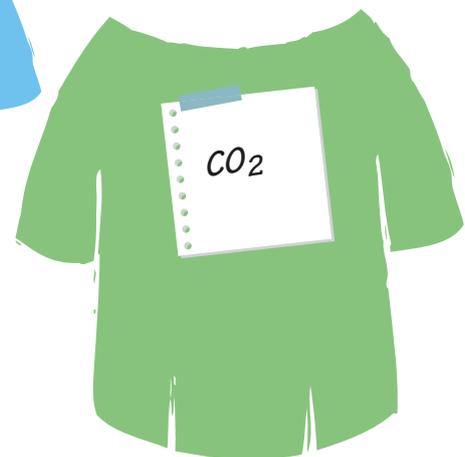
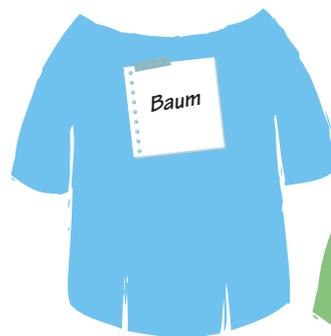
Klimakrise – Was bin ich?

Material: Haftzettel oder Kärtchen mit Krepp-Klebeband

Ablauf: Die Methode eignet sich nach Durcharbeitung des vorangegangenen Kapitels. Je SchülerIn wird ein Haftzettel oder ein Kärtchen mit einem Begriff zum Thema „Vom Menschen verursachte Klimakrise“ gestaltet (Begriff und/oder Bild). Danach wird jedem/jeder Teilnehmenden einer der Zettel an den Rücken geklebt. Diese 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/einem anderen Teilnehmenden gewechselt werden.

Mögliche Begriffe:

-  CO₂
-  Baum
-  Kohle
-  Flugzeug
-  Methan
-  Rind
-  Reis
-  Klimaanlage



Haben alle SchülerInnen 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 anthropogene 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
- 

Die SchülerInnen werden in zwei Gruppen aufgeteilt und alle ziehen ihre Schuhe aus. Sie kennen die Inhalte der Plakate nicht. Aus jeder der beiden Gruppen müssen sich je zwei SchülerInnen auf ein Plakat, das mit der Schrift nach unten auf dem Boden liegt, stellen. Sie dürfen danach nicht mehr auf den Boden steigen. Auf das Startzeichen der Lehrperson versucht jede Zweiergruppe das Plakat, auf dem sie steht, zu wenden und den Text zu lesen. Die Aufgabe ist erfüllt, sobald die Zweiergruppe 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 SchülerInnen 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 SchülerInnen 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. Freiwillige SchülerInnen können in 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 Schülerinnen verändert haben.

Versuch Albedo

Material: ein weißes und ein schwarzes Blatt Papier identer Grammatik 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 SchülerInnen ordnen sich je nach Interesse einer der unten angeführten Fragestellungen zu. Alternativ dazu können auch 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 SchülerInnen 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.

www.youtube.com/watch?v=aUA_H1tretQyoutu.be/DtqSiplGXOA

www.youtube.com/watch?v=EtW2rrLHs08

www.youtube.com/watch?v=VTfgNFz1DBM

www.youtube.com/watch?v=-n4A0BssFd0

www.youtube.com/watch?v=uHbxSYDqTR8

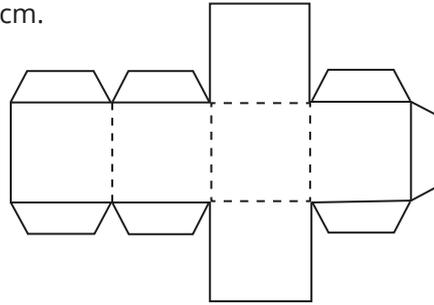
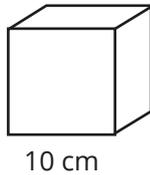
Hinweis: Links siehe pdf -Download: www.klimabuendnis.at/klimawandel_wissen_handeln



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 CO₂ 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.

CO₂ binden.



Berechnung Atommasse:

C ... Atommasse 12

O ... 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.

3

Auswirkungen des Klimawandels

Die Folgen des Klimawandels sind schon heute in den Ökosystemen aller Kontinente und der Ozeane, aber auch in Gesellschaft und Wirtschaft zu beobachten.

5. Sachstandsbericht des IPCC. Teilbericht 2 (Folgen, Anpassung, Verwundbarkeit)

Die Erwärmung des Klimasystems ist eindeutig, und viele der seit den 1950er Jahren beobachteten Veränderungen waren vorher über Jahrzehnte bis Jahrtausende nie aufgetreten. Die Atmosphäre und der Ozean haben sich erwärmt, die Schnee- und Eismengen sind zurückgegangen, der Meeresspiegel ist angestiegen und die Konzentration der Treibhausgase hat zugenommen.

IPCC Bericht Klimaänderungen. AR I 2013 –

Zusammenfassung für politische EntscheidungsträgerInnen



„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, Antarktischen 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 bei 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. Laut einer in Nature (2018) veröffentlichten Studie ist bereits eine Verlangsamung des Golfstrom-Systems zu verzeichnen.

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 Meeresspiegelanstieg durch Erwärmung S. 42). Aktuelle 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 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 hat sich der Rückgang der Gletscher noch deutlich beschleunigt. 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 20 Jahren verschwunden sein.



Pasterze

Erste 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. Die Pasterzenzunge dürfte in den nächsten 40 Jahren völlig verschwinden.



Der Rückgang der Gletscher hat weitreichende Auswirkungen auf Ökosysteme, Trinkwasser- und 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 Rhone 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 CO₂ 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 (CO₂) und Methan (CH₄) 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 Folgen jüngster klimabedingter Extremereignisse, wie Hitzewellen, Dürren, Überschwemmungen, Wirbelstürme sowie Wald- und Flächenbrände demonstrieren eine signifikante Verwundbarkeit und Exposition einiger Ökosysteme und vieler Systeme des Menschen gegenüber den derzeitigen Klimaschwankungen.

IPCC (2014) – Zusammenfassung für Politische Entscheidungsträger

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 vollzieht sich so rasch, dass viele Pflanzen- und Tierarten sich kaum anpassen können. Viele terrestrische, marine und Süßwasserarten sind bereits zu neuen Standorten abgewandert. Einige Pflanzen- und Tierarten werden verstärkt vom Aussterben bedroht sein, wenn die globalen Durchschnittstemperaturen weiter ungehindert steigen.

Europäische Kommission

„Viele terrestrische, Süßwasser- sowie marine Arten haben ihre geographischen Verbreitungsgebiete, jahreszeitlichen Aktivitäten, Migrationsmuster, Populationsgrößen und Interaktionen zwischen den Arten in Reaktion auf den anhaltenden Klimawandel verändert.“

IPCC (2014) – Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger

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. Dadurch, dass der Mensch heute den Großteil der Landflächen für seine Zwecke nutzt – es sind nur noch rund 20 Prozent der Landfläche weitgehend ungestört – verbleiben heute 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 passende 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.

„Die Auswirkungen der Erderwärmung auf die Biodiversität hängen davon ab, um wie viel Grad und wie schnell die Temperatur auf der Erde steigt. Je höher die Temperatur und je schneller der Temperaturanstieg, desto größer sind die Auswirkungen. Eine hohe Erwärmungsrate verringert die Chancen, dass sich Arten anpassen können, da sie nicht genügend Zeit haben, sich anzupassen.“

IPCC-Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung –
Zusammenfassung für LehrerInnen



Um mit dem zu erwartenden Tempo der Erderwärmung schrittzuhalten, 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. Derzeit sind weltweit etwa 1 Million Arten von insgesamt etwa 8 Millionen Arten unmittelbar vom Aussterben bedroht.

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 berühmte Biologe Edward O. Wilson geht mit seinem Vorschlag soweit, die Hälfte der Erde der Natur zu überlassen.

Die mit dem höchst dotierten Europäischen 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, was bei Schadinsekten in der Land- oder Forstwirtschaft, wie etwa dem Borkenkäfer, zu großen Ertragsverlusten führen kann.

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 kälte liebende, 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 auch in Richtung der Pole oder in größere Meerestiefen hinab.

Verbreitung eingeschleppter Arten: Ambrosia, rote Wegschnecke & 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 Tierarten, wie die rote Wegschnecke, die ursprünglich aus Spanien stammt, konnten sich etablieren und durch die wärmeren Winter in Mitteleuropa stärker ausbreiten. Problematisch ist auch die Ausbreitung von Stechmückenarten, die gefährliche Krankheiten übertragen können, wie etwa die Tigermücke oder landwirtschaftlich relevante 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 auch 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

Direkte Folge des Klimawandels 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 Erdbeben gestiegen.

Auch indirekte Folgen, wie die verstärkte Ausbreitung von durch Insekten übertragene Krankheiten wie 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) wirkt 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/Klimamigration

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 Ernteaufschläge die Lebensgrundlage von vielen von der Landwirtschaft lebenden Menschen gefährden. Die Verknappung nutzbarer Flächen und Ressourcen kann zu Konflikten und mitunter auch zu kriegerischen Auseinandersetzungen 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 um knapp 1 °C gestiegen ist, sind es in Österreich ca. 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 im Jahresmittel um 0,6 °C pro 100 Höhenmeter ab. 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.



Steinbock in den Rottenmanner Tauern

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. Durch den fortschreitenden Klimawandel 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 führen auch zur Ausbreitung wärmeliebender invasiver Arten, wie etwa der Ambrosia (Ragweed) oder der roten Wegschnecke.

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



Apfelwickler



Rote Wegschnecke



Maisfeld bei Dürre



Sommerfrische-Destination Semmering



Folgen des Klimawandels recherchieren

Material: Hintergrundinformationen dieses Kapitels, weitere Informationsmaterialien, Internet, wissenschaftliche Publikationen, Schreibmaterial

Ablauf: Die SchülerInnen 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 graphisch ansprechend aufbereitet und in einer Ausstellung in der Schule präsentiert werden.

Versuch Meeresspiegelanstieg: Nordpol/Arktisches Meereis und Südpol/Festlandeis

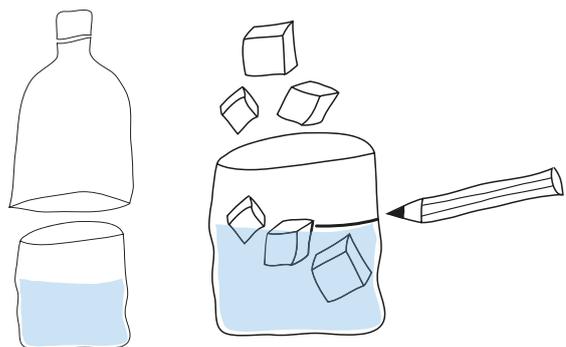
Material: Eiswürfel, zwei PET-Flaschen ohne Deckel, Stift

Die Auswirkungen auf den Meeresspiegelanstieg sind bei Arktischem Meereis und Antarktischen 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:

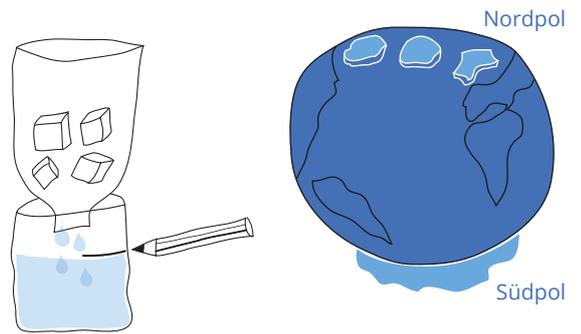
Experiment Arktisches Meereis / Nordpol

Schneiden Sie eine PET-Flasche in zwei Teile. Verwenden Sie den Unterteil nun 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 im Zusammenhang mit dem 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 und füllen Sie diesen ca. bis zur Hälfte mit Wasser. 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.



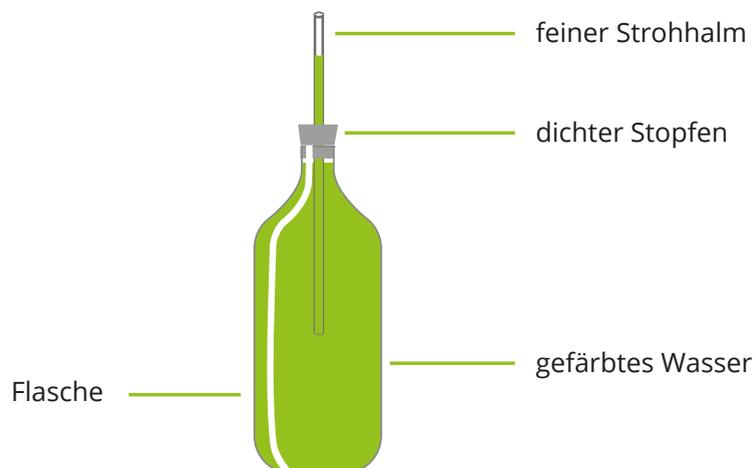
Versuch – Anstieg des Meeresspiegels durch Erwärmung

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 SchülerInnen ist es, herauszufinden, wie der Wasserspiegel im Fläschchen, im Falle der Verwendung 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 SchülerInnen auf einer Seite des Raumes. Jede/r steht als Eisbär auf einer eigenen Eisscholle (Papierblatt). Da die Eisschollen schmelzen, wollen sie 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 SchülerInnen unangenehm sein, können sie jederzeit aus dem Spiel aussteigen.

Gletscher im Wandel der Zeit

Material: Internet, Schreibmaterialien

Ablauf: Die SchülerInnen 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?Id=1
www.youtube.com/watch?v=TXC0Y56wG3w&feature=youtu.be

Links siehe pdf -Download: www.klimabuendnis.at/klimawandel_wissen_handeln

Klima Zeitmaschine

Material: Internet

Ablauf: Die SchülerInnen 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 kohlenensäurehaltigem Getränk, zwei Luftballons

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 SchülerInnen notieren in Einzelarbeit, ob sich diese unterscheiden. Falls ja, warum? Danach werden die Ergebnisse diskutiert und die Gründe erforscht.



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 Mauswiesel, 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-Treibhausgas-Emissionen 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 (COP 21) 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 Dürre oder Überschwemmungen sind aber hauptsächlich in ärmeren Regionen im Süden spürbar. Oftmals sind die dortigen BewohnerInnen stark von ihrer natürlichen Umwelt abhängig.
- 🌍 Die EinwohnerInnen 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 gilt hervorzuheben, 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 EntscheidungsträgerInnen regelmäßig einen Überblick über die Ergebnisse der Klimaforschung zu geben.

An den Berichten des IPCC wirken jeweils mehrere Hundert WissenschaftlerInnen 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“ im Jahr 2018 (siehe unten).

Emissions-Szenarien

Im 5. Sachstandsbericht des IPCC werden verschiedene Emissionsszenarien (Representative Concentration Pathway, RCP) dargestellt, welche die zukünftigen Treibhausgasemissionen abschätzen. RCP 2,6 beschreibt ein Szenario mit umfassenden Klimaschutzmaßnahmen, RCP 8,5 ein Business as usual-Szenario. Die Zahlen 2,6 bzw. 8,5 entsprechen einem Strahlungsantrieb von 2,6 W/m² bzw. 8,5 W/m². Um das Ziel des Klimaabkommens von Paris zu erreichen, ist das Emissionsszenario RCP 2,6 einzuhalten.

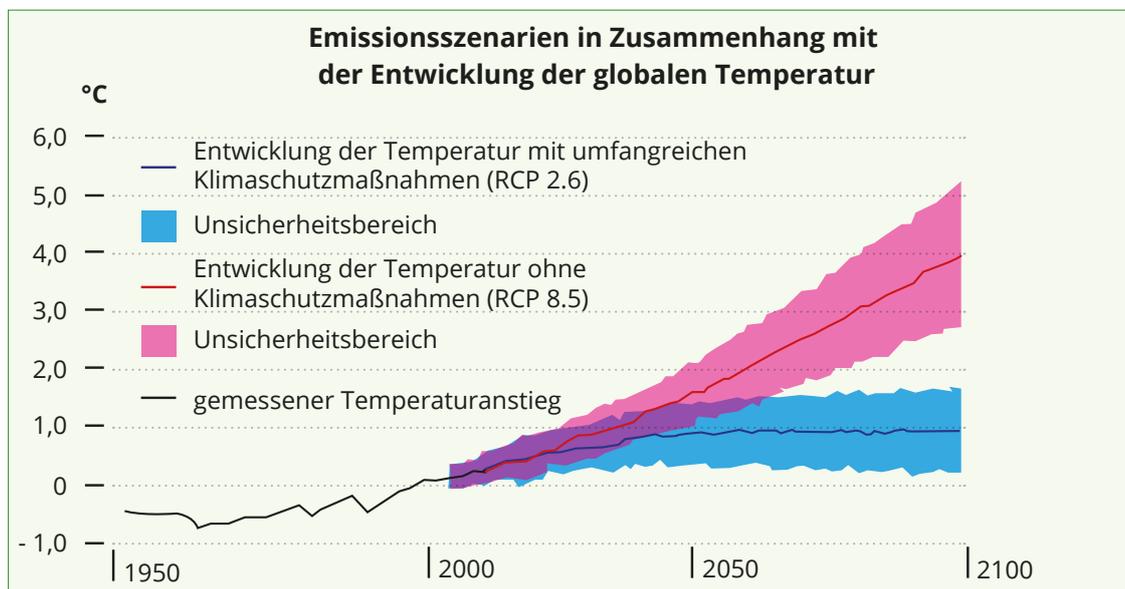


Abbildung 12: Mögliche Entwicklung der globalen Temperatur bis zum Jahr 2100 – Quelle: IPCC (2014) AR 5, WGII

IPCC Sonderbericht 1,5 °C globale Erwärmung

Da CO₂ eine lange Verweildauer in der Atmosphäre hat, wird die globale Temperatur für Jahrhunderte bis Jahrtausende erhöht bleiben, selbst wenn wir unseren CO₂-Ausstoß in absehbarer Zeit völlig einstellen.

Ziel des Klimaschutzabkommens von Paris ist es, die Erderwärmung auf maximal 2 °C bzw. 1,5 °C gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen, um eine „gefährliche menschengemachte Störung des Klimasystems“ zu vermeiden. 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: <http://www.oce.global/de/resources/climate-science/Zusammenfassung-fur-Lehrerinnen-und-Lehrer>

Kohlenstoff-Budget: 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.

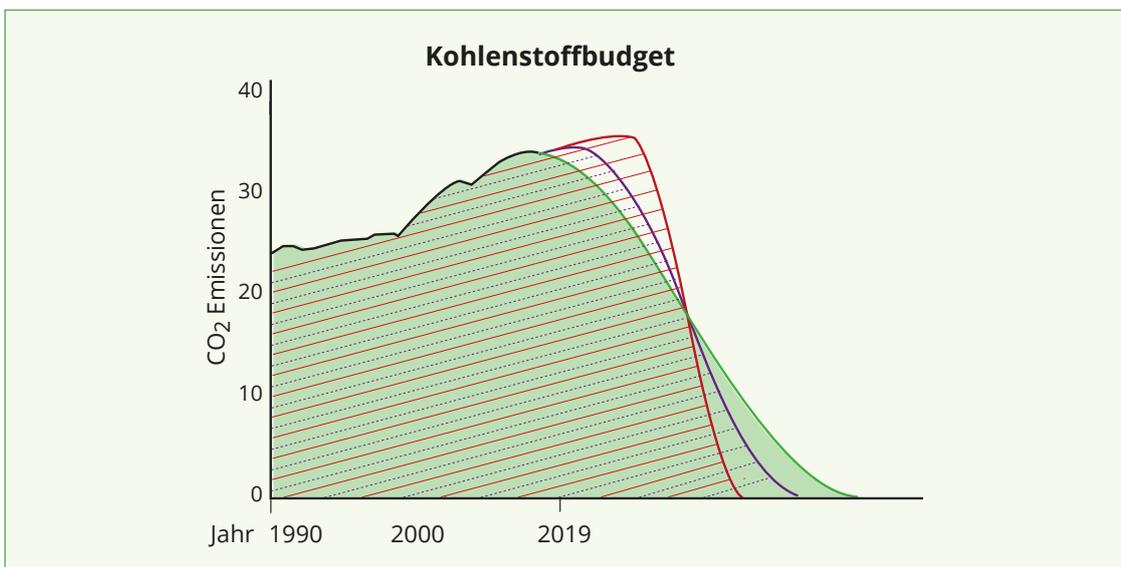


Abbildung 13: Kohlenstoffbudget: Je später wir die Emissionen reduzieren, desto steiler muss die Emissions-Kurve fallen.

Die vertikale Achse zeigt den Ausstoß der globalen Treibhausgase (aktuell ca. 40 Gt pro Jahr). Die drei unterschiedlich gefärbten Flächen (grün, rot gestreift, violett gepunktet) sind gleich groß. Sie stehen für das noch verfügbare Kohlenstoff-Budget. Je später wir die Emissionen auf null reduzieren, desto steiler muss die Emissions-Kurve fallen, um noch rechtzeitig null zu erreichen.

Restbudget

Wenn wir die Pariser Ziele von 2 bzw. 1,5 °C einhalten möchten, steht uns nur mehr ein kleines Restbudget zu Verfügung. Im IPCC Sonderbericht „1,5 Grad Globale Erwärmung“ (2018) wird davon ausgegangen, dass mit Jahresbeginn 2018 insgesamt noch 1170 Gt emittiert werden durften, um das 2 Grad-Ziel zu erreichen. Um die globale Erwärmung auf 1,5 °C zu beschränken, waren es lediglich noch rund 420 Gt CO₂. Aufgrund der Komplexität von Klimamodellen können die Werte nicht mit absoluter Sicherheit angegeben werden. Es wird dafür eine Wahrscheinlichkeit von 66 Prozent angenommen.

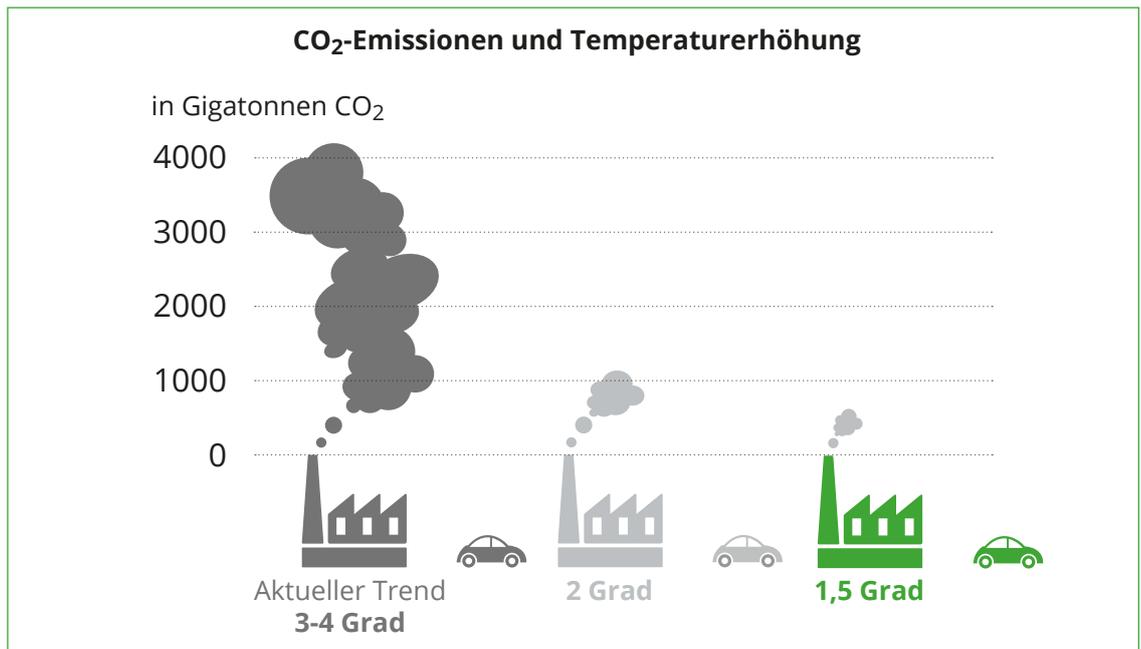


Abbildung 14: Restbudget: Wie viel CO₂ dürfen wir noch emittieren, um die Klimaziele zu erreichen?

Geht man davon aus, dass im Jahr 2018 40 Gt CO₂ emittiert wurden, so beträgt das Budget mit Stand Anfang 2019 1.130 Gt für das 2 Grad- bzw. 380 Gt für das 1,5 Grad-Ziel.

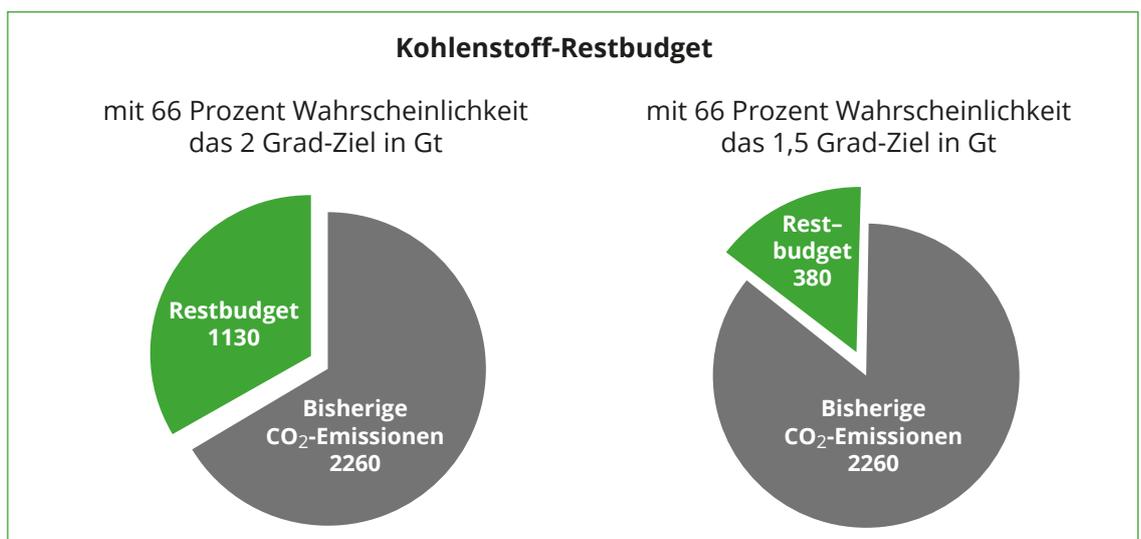


Abbildung 15: Kohlenstoff-Restbudget

Die obigen Diagramme ergeben sich aus der Annahme, dass im Jahr 2018 rund 40 Gt CO₂ emittiert wurden.

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 5 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. Laut IPCC Sonderbericht „1,5 °C Globale Erwärmung“ (2018) würden die bis dahin getätigten Reduktionszusagen der Länder zu einer Erderwärmung von 3-4 °C bis zum Ende dieses Jahrhunderts führen.

Linktipp: climateactiontracker.org/

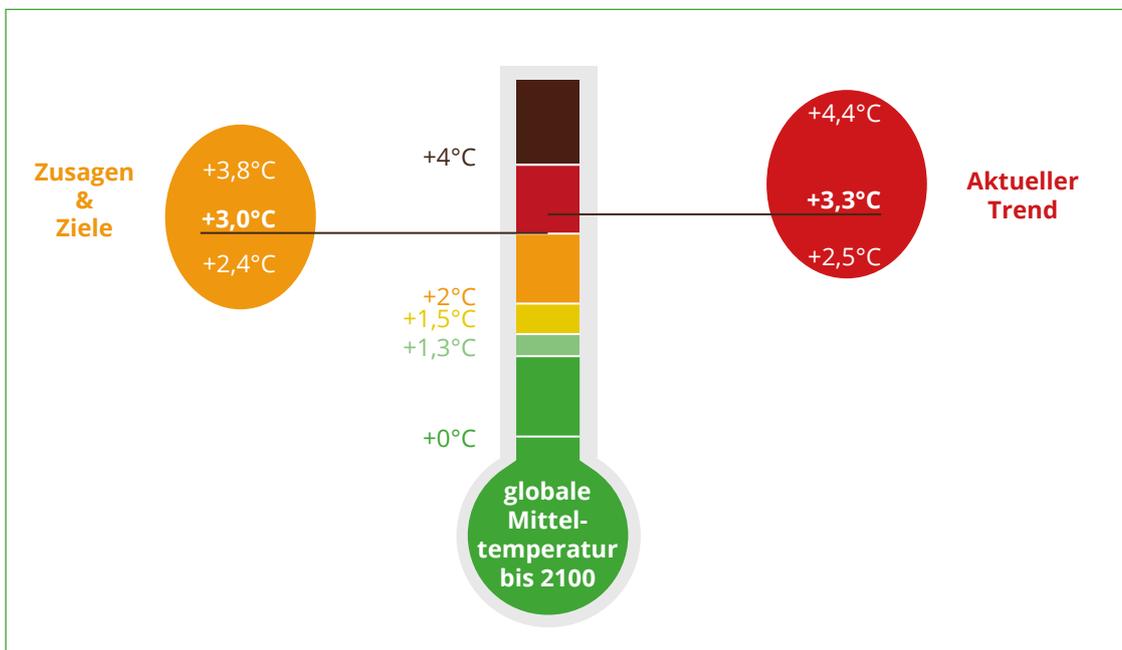


Abbildung 16: Möglicher Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100. Die bisher zugesagten Emissionsreduktionen reichen noch lange nicht aus, um das Klimaziel von 1,5 °C bzw. 2 °C zu erreichen.

Aktuell werden jährlich weltweit etwa 40 Gt CO₂ durch menschliche Aktivitäten in die Atmosphäre eingebracht. Wenn wir in diesem Ausmaß weitermachen, ist das Restbudget für das 2 °C-Ziel aus heutiger Sicht voraussichtlich in ca. 28 Jahren erschöpft. Für das 1,5 °C-Ziel haben wir noch wesentlich weniger Puffer. Laut IPCC Sonderbericht „1,5 °C Globale Erwärmung“ sind es wahrscheinlich nur noch ca. 10 Jahre. Diese Zeiträume könnten auch ausgedehnt werden, wenn wir die Emissionen sehr rasch senken (siehe Abbildung 13).

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 Geo-Engineering) aus der Atmosphäre entfernt werden. Maßnahmen im Bereich Geo-Engineering bergen allerdings weitere, teilweise nicht vorhersagbare Risiken.

Emissionen reduzieren

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 herunter zu fahren.



„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 ganz maßgeblich zur Klimakrise bei. Die Verbrennung von riesigen Mengen an Kohle, Erdöl und Erdgas ist die Hauptursache für die Klimakrise. 80 Prozent des weltweiten Energieverbrauchs 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 PädagogInnen 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

Wie bereits erwähnt bilden Wälder natürliche CO_2 -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 CO_2 -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) bezeichnete 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 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, auch wenn wir die Treibhausgas-Emissionen umgehend drastisch reduzieren. Neben dem Klimaschutz müssen wir uns daher auch an die bereits spürbaren sowie die noch zu erwartenden Änderungen des Klimas anpassen.

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.



Deichanlagen in den Niederlanden

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.



Abbildung 17: Klimaschutz und Klimawandelanpassung ergänzen einander und überschneiden sich zum Teil.

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 17).

Die Bedeutung der Klimaziele für Österreich

„Österreich bekennt sich zu den internationalen Klimazielen und zu einer aktiven Klimaschutz- und Energiepolitik. Zentrales Ziel der Klimapolitik der Bundesregierung ist die Reduktion von Treibhausgasemissionen. Österreich wird seine Treibhausgasemissionen bis 2030 um 36 Prozent gegenüber 2005 reduzieren.“

Klima- und Energiestrategie der Österreichischen Bundesregierung, 2018

Die österreichischen Treibhausgasemissionen liegen seit 1990 bei etwa 80 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalenten 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 2018) zeigen, dass die Emissionen von 2016 auf 2017 um etwa 3,3 Prozent auf 82,3 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente gestiegen sind. Um die Klimaziele zu erreichen sind dringend zusätzliche Klimaschutzmaßnahmen nötig.

Kohlenstoff-Restbudget

Nationale Untersuchungen zum Kohlenstoff-Budget kommen zu dem Schluss, dass Österreichs Beitrag zur Erreichung des 2 Grad-Ziels zukünftige Emissionen auf ein Ausmaß von 1 Gt bis 1,5 Gt CO₂-Äquivalent beschränkt. Bei Beibehaltung des heutigen Emissionsniveaus wäre das Budget Österreichs bereits 2035 aufgebraucht (Umweltbundesamt, Klimaschutzbericht 2018). Um das 1,5 °C Ziel zu erreichen, bleibt uns noch ein wesentlich geringeres Restbudget. Geht man davon aus, dass Österreich – nach dem Schlüssel der Bevölkerung

– etwa ein Tausendstel des globalen Kohlenstoff-Budgets zusteht, dann wären es nur noch etwa 0,4 Gt – ein kleines Restbudget, das bei gleichbleibender Menge an Emissionen in weniger als sechs Jahren aufgebraucht wäre.

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, Tendenz steigend. 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.

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 BMNT geförderten Programmes werden Regionen bei ihren Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel unterstützt (Klimawandel-Anpassungs-Modellregionen - KLAR!) www.klar-anpassungsregionen.at

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 Klimaanlage notwendig

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 bewältigt werden. Man kann sich zwar auch mit Klimaanlage an die Überhitzung anpassen, diese Maßnahme verstärkt jedoch den Klimawandel und ist daher problematisch. 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. Eine wichtige Anpassungsmaßnahme ist, widerstandsfähige artenreiche Laub- und Mischwälder unterschiedlicher Altersstruktur zu forcieren. In der Waldbewirtschaftung sind Maßnahmen, die wir heute setzen, meist erst für die nächsten Generationen spürbar.

Filmtipp: Scribble-Film: Packen wir's an. Anpassung an den Klimawandel <http://www.klimabuendnis.at/klimawandelanpassung-in>



Eine Welt Spiel

Im Rahmen dieser Aktivität werden die Relationen der weltweit ungleichen Verteilung von Treibhausgas-Emissionen in Bezug auf die Bevölkerungszahl eindrucksvoll dargestellt. Die Treibhausgas-Emissionen sind stark mit dem Reichtum und dem damit einhergehenden Energieverbrauch von Ländern gekoppelt. Während in den USA etwa 15 Tonnen CO₂ pro Kopf und Jahr ausgestoßen werden, sind es in Österreich rund 9 Tonnen und in Indien nur 1,6 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.

Material: Luftballons entsprechend der Anzahl der SchülerInnen, 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 Schülerinnen und Schüler auf einer Weltkarte die Lage und Größe der Kontinente gemeinsam ansehen.
2. Die Schülerinnen und Schüler stellen die Weltbevölkerung dar. Sie werden den verschiedenen Erdteilen in entsprechender Gruppengröße zugeteilt (siehe Liste). Für die unten angegebenen Zahlen wurde eine Klassengröße mit 25 Schülerinnen und Schülern angenommen. Die Zahlen können mit einer einfachen Schlussrechnung an die tatsächliche Klassengröße angepasst werden.
3. Die Luftballons symbolisieren die Treibhausgas-Emissionen. Sie werden den Schülerinnen und Schülern der jeweiligen Erdteile gegeben.
4. Die VertreterInnen 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 SchülerInnen einig oder gibt es Verhandlungsbedarf?

	Bevölkerung in %	Anzahl SchülerInnen Annahme: 25 (Sie symbolisieren die Weltbevölkerung.)	Anzahl der SchülerInnen tatsächlich	t CO ₂ Ausstoß in %	Anzahl der Luftballons Annahme: 25 (Sie symbolisieren den CO ₂ -Ausstoß.)	Anzahl Luftballons nach tatsächlicher Anzahl der SchülerInnen
Welt	100	25		100	25	
Asien	59,5	15		55,5	14	
Afrika	16,5	4		3,6	1	
Europa	10	3		16,3	4	
Lateinamerika, Karibik	8,5	2		3,5	1	
Nordamerika	5	1		19,8	5	
Australien, Ozeanien	0,5	0		1,3	0	

Beispiel für Schlussrechnung

100 (Welt gesamt) _____ **25** (Anzahl der SchülerInnen gesamt)

59,5 (Asien) _____ **?** (Anzahl der SchülerInnen für die Gruppe Asien)

Schlussrechnung: $59,5 / 100 \times 25 = 14,8$ (gerundet **15**)

World-Cafè: 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 SchülerInnen 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-Cafès bleibt diese Person an dem Tisch sitzen und gibt der neuen Runde einen Überblick, worüber in der letzten Runde gesprochen wurde. Das World-Cafè 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 TeilnehmerInnen in etwa gleichmäßig an den unterschiedlichen Tischen verteilt sind. Am Ende der Zeit eines Durchganges werden die TeilnehmerInnen aufgefordert, den Tisch zu wechseln. Nur die TischmoderatorInnen bleiben sitzen.

Zuletzt werden die Ergebnisse des World-Cafès unter Einbeziehung der Flipcharts der gesamten Klasse durch die TischrednerInnen vorgestellt.

Fischteichspiel (Das Allmendedilemma)

Allgemeines: Das Allmendedilemma bezeichnet die Übernutzung eines Gemeinschaftsgutes durch einige Wenige. Die ÜbernutzerInnen 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 SchülerInnen werden gleichmäßig in Gruppen zu je vier bis fünf Personen eingeteilt. Jede Gruppe erhält eine Schale, die 20 Stück Knabbergebäck oder Fruchtgummi, welche die Fische repräsentieren, enthält. Diese ist mit einer Serviette abgedeckt. Die SchülerInnen 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 SchülerInnen 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 verschiedenfarbige „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 Gefühle 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 SchülerInnen besprochen und reflektiert werden.



Klimaschutz UND/ODER Klimawandelanpassung

Ein Wohnhaus wird wärmegeklämt.

Klimaschutz		und/oder		Klimawandelanpassung
ja	nein			ja
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
				<input type="radio"/>

<i>Begründung:</i>	<i>Begründung:</i>

Versickerungsflächen werden angelegt.

Klimaschutz		und/oder		Klimawandelanpassung
ja	nein			ja
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
				<input type="radio"/>

<i>Begründung:</i>	<i>Begründung:</i>

Eine Klimaanlage wird in der Wohnung eingebaut.

Klimaschutz		und/oder		Klimawandelanpassung
ja	nein			ja
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			<input type="radio"/>
				<input type="radio"/>

<i>Begründung:</i>	<i>Begründung:</i>

5

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 wir das als einzelne Personen 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 aber auch 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 eintreten. 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 der 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 berücksichtigt auch die Vermeidung von Abfall. Der übermäßige Erwerb von Dingen scheint in unserer Gesellschaft zur Normalität geworden zu sein. Aber brauchen wir wirklich immer das neuste Smartphone und noch ein weiteres Paar Schuhe?

Wenn wir besonders langlebige, zeitlose und reparierbare Produkte erwerben, reduziert sich unser Abfallaufkommen. Auch Verpackungsmüll sollten wir so gut wie möglich vermeiden, etwa durch den Kauf unverpackter Gegenstände. Auch durch den Kauf von größeren Mengen eines Produktes, welches im Verhältnis in weniger Verpackungsmaterial verpackt ist, kann Abfall vermieden werden. Die Anschaffung von langlebigen Produkten 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 bzw. weiterverkauft oder ausgeliehen werden. Spiele und Bücher können zum Beispiel auf Flohmärkten verkauft, Kleidung zur Altkleidersammlung gegeben oder direkt verschenkt werden. Es gibt auch 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 auch 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)
- 🌍 Abfall genau trennen und recyceln



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



Ernährung

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

Die Umstellung auf klimafreundliche Ernährung kann eine deutliche Reduktion des Treibhausgas-Ausstoßes pro Kopf bewirken. So ermöglicht der Umstieg auf eine vegane und biologische Ernährungsweise 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 ein Teil aber 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. Da es sich um ein Mindesthaltbarkeitsdatum und nicht um ein Verfallsdatum handelt, bedeutet das aber meist nicht, dass das Produkt ungenießbar ist, sondern nur, dass die HerstellerInnen bis zu diesem Zeitpunkt höchste Qualität garantieren. 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 auch 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

Aufgrund der hohen Klimaschädlichkeit von fossilen Brennstoffen ist ein Umstieg auf erneuerbare Energieträger essentiell für die Verringerung von Treibhausgasemissionen. 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. auch 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 durch eine Steckerleiste mit Kippschalter vermeiden
-  Heizung entlüften
-  Nachtabsenkung oder Absenkung der Raumtemperatur, 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 PädagogInnen 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, wie etwa wie etwa durch die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, das Radfahren oder Zufußgehen.

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 Treibhausgas-Ausstoß führt. Der durchschnittliche Neuwagen ist heute um fast 190 Kilogramm schwerer als im Jahr 2000, die Motorstärke ist um fast ein Drittel gestiegen. Auch der Güterverkehr ist allgemein 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, sodass er eine gute Kilometerbilanz aufweist. Die schlechteste Kilometerbilanz hat das Flugzeug. Die umweltverträglichste Art sich fortzubewegen sind Füße und Fahrrad.

Beim Auto mit Verbrennungsmotor ist der CO₂-Ausstoß unmittelbar vom Kraftstoffverbrauch abhängig: Pro Liter Benzin werden 2,32 Kilogramm CO₂ emittiert. Bei Diesel sind es 2,64 Kilogramm CO₂ pro Liter. Berücksichtigt man die Energiedichte, so weisen Diesel und Benzin ungefähr die gleichen CO₂-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 kg CO₂, während der durchschnittliche Ausstoß beim Pkw-Fahren pro Jahr bei einer Fahrleistung von 13.500 km und einem Verbrauch von 7 l pro 100 km ca. 2.800 kg CO₂ 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 auch die Gesundheit. Studien zeigen, dass tägliche Bewegung eine signifikante Auswirkung auf die Gesundheit hat, und dass Menschen, die mit dem Rad in die Arbeit fahren, gesünder sind. Bewegung beugt Haltungsschäden und Übergewicht vor und trägt zum Wohlbefinden bei, besonders wenn man gemeinsam mit Freunden oder Freundinnen unterwegs ist. Auch 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
-  Öffentliche Verkehrsmittel benutzen
-  Wenige Strecken mit Autos und anderen benzin- oder dieselpetriebenen Fahrzeugen zurücklegen
-  Carsharing statt eigener Pkw
-  Fahrgemeinschaften bilden
-  Auf Flüge verzichten



Aktivitäten

Selbst etwas bewirken – „Meine Tat zählt“

Material: (optional) Plakat, Stifte

Ablauf: Jede Schülerin/jeder Schüler 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 SchülerInnen

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 einzelne Schülerin/jeder einzelne Schüler legt in diesem Team ein Profil an. So können sich die SchülerInnen miteinander vergleichen. Es ist auch möglich gegen eine andere Klasse zu sammeln und die Punkte zu vergleichen. Besonders schön ist es, wenn die SchülerInnen einander durch Erfahrungsaustausch und Ermutigung helfen, Punkte zu sammeln.

Unser Mistkübel

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

Ablauf: Die SchülerInnen 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 SchülerInnen

SchülerInnen mit Fahrrädern

Ablauf: Die Klasse registriert sich bei „Österreich radelt“ (www.radelt.at) als Team im jeweiligen Bundesland und sammelt gemeinsam Kilometer. Jede einzelne Schülerin/jeder einzelne

Schüler legt in diesem Team 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 zu sammeln und die Ergebnisse zu vergleichen. Zusätzliche Motivation: „Österreich radelt“ verlost Preise unter den TeilnehmerInnen.

Woher kommt mein Essen?

Material: Weltkarte, Stifte

Ablauf: Die Schülerinnen bekommen die Aufgabe beim nächsten Einkauf auf die Herkunft ihrer Lebensmittel 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 SchülerInnen 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.

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 SchülerInnen, 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 welche Kategorie? Wieviel Müll (z.B. Gewicht) fällt je Kategorie an?
- Welche Fortbewegungsmittel nutze ich?

Die Schülerinnen 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 4x4 Feldern, jedes Feld enthält eine Aussage und Platz für eine Unterschrift)

Ablauf: Alle SchülerInnen 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 TeilnehmerInnen können noch weiterspielen. Im Anschluss erfolgt eine Auswertung.

Um das Spiel zu erschweren, kann auch eine Tabelle mit 5x5 Feldern angefertigt werden, oder die Teilnehmenden erhalten die Aufgabe, das gesamte Blatt auszufüllen.

<p>Ich komme zu Fuß oder mit dem Fahrrad in die Schule.</p> <p>Unterschrift:</p>	<p>Ich esse höchstens drei Mal in der Woche Fleisch.</p> <p>Unterschrift:</p>	<p>Ich versuche biologisch hergestellte Produkte zu kaufen.</p> <p>Unterschrift:</p>	<p>Ich kenne die Aktion FRIDAYS FOR FUTURE.</p> <p>Unterschrift:</p>
<p>Ich kenne einige Ursachen des Klimawandels.</p> <p>Unterschrift:</p>	<p>Ich engagiere mich für den Klimaschutz.</p> <p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>
<p>Beim Einkauf vermeide ich Plastiksackerl.</p> <p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>
<p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>	<p>Unterschrift:</p>

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? *Öffentlich/zu Fuß oder mit dem Rad/mit dem Auto gefahren oder gebracht worden/Sonstiges*
- Gegen den Klimawandel kann etwas tun. *jeder/e/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 SchülerInnen 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 SchülerInnen besprochen werden.

Recherche Klima-Siegel

Material: Internet

Ablauf: In Einzelarbeit suchen und recherchieren die SchülerInnen 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 SchülerInnen ihre Rechercheergebnisse einander gegenseitig vor.

Bilder sprechen mehr als Worte

Material: Handy und Arbeitsblatt für Notizen

Ablauf: Die SchülerInnen werden in Gruppen zu je vier Personen eingeteilt. Jeder Gruppe wird ein klimatelevantes 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 auch 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 anthropogene Klimakrise

Arbeitsblatt: Rechnen mit CO₂

- ca. 1 kg
- ca. 1 Tonne
- Atommasse CO₂: 44 (12+16+16)
- 500 kg/2 = 250 kg C pro m³ Holz
- 250 kg/12 * 44 = 917 kg CO₂
- Schlussrechnung:
120 g 1000 m
917 g x

x = ca. 7642 m

Kapitel 4: Internationale Zusammenarbeit

Arbeitsblatt: Klimaschutz UND/ODER Klimawandelanpassung

Ein Wohnhaus wird wärmedämmt.

Klimaschutz

ja / nein

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

Klimawandelanpassung

ja / nein

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

Versickerungsflächen werden angelegt.

Klimaschutz

ja / nein

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

Klimawandelanpassung

ja / nein

Begründung: Versickerungsflächen beugen Überschwemmungen vor.

Lösungsblatt

Eine Klimaanlage wird in der Wohnung eingebaut.

Klimaschutz

ja / 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/gebäudeklimatisierung>).

Klimawandelanpassung

ja / nein

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

ja / nein

Begründung: Diese haben keinen Einfluss auf den Klimaschutz.

Klimawandelanpassung

ja / nein

Begründung: Hochwasserschutz-Dämme beugen Überflutungen vor.

Schutzwald wird aufgeforstet.

Klimaschutz

ja / nein

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

Klimawandelanpassung

ja / nein

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

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

Klimaschutz

ja / nein

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

Klimawandelanpassung

ja / nein

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

Lösungsblatt

In der Stadt/der Gemeinde werden Trinkbrunnen errichtet.

Klimaschutz

ja / nein

Begründung: Dies hat keine Auswirkung auf das Klima.

Klimawandelanpassung

ja / nein

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

Naturschutzzonen werden eingerichtet.

Klimaschutz

ja / nein

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

ja / nein

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

ja / nein

Begründung: Bäume binden durch deren Wachstum CO₂.

Klimawandelanpassung

ja / nein

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
Klimabündnis Österreich (2018): Klima, was ist das? Unterrichtsmaterialien für PädagogInnen 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
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)
Sator A.: erklaermir.simplecast.com/episodes/21-erklar-mir-die-klimakrise-ottmar-0d4f3208 (2019)

2 Ursachen für die anthropogene Klimakrise

Climate-KIC: www.youtube.com/watch?v=-n4A0BssFd0 (2019)
EU ClimateAction: www.youtube.com/watch?v=aUA_H1tretQ (2019)
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
klimaaktiv: Rechnen mit Kohlendioxid www.klimaaktiv.at/mobilitaet/mobilitaetsmanagem/bildung/Projekttyps_/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)
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. Zusammenfassung 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)
Welt: www.welt.de/wissenschaft/article175371263/Klimawandel-Der-Golfstrom-schwaecht-sich-ab.html (2019)
Real World Visuals: youtu.be/DtqSlpIGXOA (2019)
Umweltbundesamt (2018): Klimaschutzbericht 2018
United Nations, UN-REDD-Programme: www.un-redd.org/forest-facts (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=uv&typ=Umsetzungsvorschlaege&basisid=431&sb=schnappschu (2019)
- Gesellschaft für ökologische Forschung e.V.: www.gletscherarchiv.de/fotovergleiche/gletscher_liste_oesterreich/ (2019)
- Interessensgemeinschaft Windkraft, A. Beer (2017): Fluchtursache Klimawandel. Energiewende jetzt. Unterrichtsmaterial ab der 8. Schulstufe
- IPCC Synthesebericht (2014): Zusammenfassung für Politische EntscheidungsträgerInnen
- Klimabündnis Österreich (2018): Klima, was ist das? Materialien für den Unterricht für PädagogInnen 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)
- 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)
- Rahmstorf, S., Schellnhuber, H. J. (2018): Der Klimawandel, C.H.Beck
- 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/kalte-boeden-eine-tickende-klima-zeitbombe/ (2019)
- 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)

4 Internationale Zusammenarbeit

- 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/broschuerere.html
- Carbon Brief: <https://www.carbonbrief.org/analysis-why-the-ipcc-1-5c-report-expanded-the-carbon-budget> (2019)
- FORUM Umweltbildung: www.umweltbildung.at > methoden (2019)
- IPCC (2018): Global Warming of 1,5 °C, Chapter 2 Mitigation Pathways Compatible with 1,5 °C in the context of Sustainable Development

IPCC (2018): Sonderbericht 1,5 °C Globale Erwärmung – Zusammenfassung für Politische EntscheidungsträgerInnen

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

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

Klimabündnis Österreich (2019): Klima und Energie II. Unterrichtsmaterialien für PädagogInnen 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-berlin.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

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

Umweltbundesamt (2018): Klimaschutzbericht

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

Umweltbundesamt: www.klimawandelanpassung.at (2019)

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/qs-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 PädagogInnen der 7.-12.

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. Wetter ist nicht gleich Klima, 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 17: Der natürliche Treibhauseffekt, Treibhauseffekt, 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, IPCC (2014) Mitigation of Climate Change. Contribution of WG III, eigene Darstellung

Abb. 9: Der natürliche und der menschengemachte Treibhauseffekt, Nelles D., Serrer C. (2018), Kleine Gase - große Wirkung. Der Klimawandel, eigene Darstellung

Abb. 10: Anstieg der CO₂-Emissionen in ppm, eigene Darstellung

Abb. 11: Anteil der Sektoren an den gesamten Treibhausgasemissionen, Umweltbundesamt, Klimaschutzbericht (2018), eigene Darstellung

Abb. 12: Emissionsszenarien in Zusammenhang mit der Entwicklung der globalen Temperatur, IPCC (2014) AR 5, WGII

Abb. 13: Kohlenstoffbudget, Prof. Stefan Rahmstorf, Creative Commons BY-SA 4.0., adaptiert nach Die Zeit (2019) Nr. 4, eigene Darstellung

Abb. 14: Klimaziele: Wie viel CO₂ dürfen wir noch emittieren?, Potsdam Institut für Klimafolgenforschung, eigene Darstellung

Abb. 15: Kohlenstoff-Restbudget, eigene Darstellung

Abb. 16: Möglicher Anstieg der globalen Mitteltemperatur bis zum Jahr 2100, climateactiontracker.org/, eigene Darstellung

Abb. 17: Klimaschutz und Klimawandel, Umweltbundesamt KLAR!, eigene Darstellung

Fotonachweise

Cover: Adobe Stock, eigene Darstellung

Seite 6: Pixabay

Seite 7: photoschmidt

Seite 18, 19: oben: Adobe Stock unten von l. n. r. Klimabündnis Österreich, Pixabay

Seite 20: Pixabay

Seite 24: Adobe Stock, Pixabay

Seite 30: Pexels

Seite 32: Adobe Stock

Seite 33: Unsplash

Seite 34: Pixabay, Pexels

Seite 35: Pixabay

Seite 37: Adobe Stock

Seite 39: Adobe Stock

Seite 40: oben: Pixabay, unten: Unsplash

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

Seite 46: Unsplash

Seite 53: Adobe Stock

Seite 64,65: oben: Unsplash

Seite 65: Adobe Stock

Seite 66: Veronika Tanton, Freepik.com, Pixabay

Seite 67: Adobe Stock

Angebote des Klimabündnis

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

www.klimabuendnis.at > Schule > 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 > Schule > Beitritt



Impressum

Klimafakten.Klimawandel Vom Wissen zum Handeln

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 Treibhausgas-Emissionen und der Schutz des Amazonas-Regenwaldes.

AutorInnen

Marion Kaar, Johanna Ofenböck, Christoph Pranz

Gestaltung & Layout

Veronika Tanton

Redaktion

Marion Kaar

Danke an

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

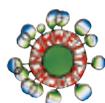
In Kooperation mit dem Climate Change Centre Austria (CCCA)

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



Druck

Donau Forum Druck Ges.m.b.H.
Wien, 2019



Gedruckt nach der Richtlinie des Österreichischen
Umweltzeichens „Druckerzeugnisse“, UW 785

Diese Unterrichtsmaterialien wurden von Klimabündnis Österreich im Auftrag des Bundesministeriums für Nachhaltigkeit und Tourismus (BMNT), Projektleitung Abteilung IV/1 erstellt.

 **Bundesministerium**
Nachhaltigkeit und
Tourismus



**Klimabündnis
Österreich**

Klimabündnis Österreich

Prinz-Eugen-Straße 72
1040 Wien
01-581 5881-0
office@klimabuendnis.at
www.klimabuendnis.at

Klimabündnis Kärnten

Wieningerallee 19
9201 Krumpendorf
0699-10976125
kaernten@klimabuendnis.at

Klimabündnis Niederösterreich

Wiener Straße 35
3100 St. Pölten
02742-26967
niederoesterreich@klimabuendnis.at

Klimabündnis Oberösterreich

Südtirolerstraße 28/5
4020 Linz
0732-772652
oberoesterreich@klimabuendnis.at

Klimabündnis Salzburg

Elisabethstraße 2
5020 Salzburg
0662-826275
salzburg@klimabuendnis.at

Klimabündnis Steiermark

Schumanngasse 3
8010 Graz
0316-821580
steiermark@klimabuendnis.at

Klimabündnis Tirol

Müllerstraße 7
6020 Innsbruck
0512-583558-0
tirol@klimabuendnis.at

Klimabündnis Vorarlberg

Kutzenau 14
6841 Mäder
05523-63575
vorarlberg@klimabuendnis.at