



Office
for Climate
Education

IPCC-SONDERBERICHT
„1,5°C GLOBALE ERWÄRMUNG“
ZUSAMMENFASSUNG FÜR
LEHRERINNEN UND LEHRER



Koordinatorin

Lydie Lescarmontier (OCE, Frankreich)

Autoren (in alphabetischer Reihenfolge)

Eric Guilyardi (Institut Pierre-Simon Laplace, Frankreich), Lydie Lescarmontier (OCE, Frankreich), Robin Matthews (IPCC Working Group I, Frankreich), Sakina Pen Point (OCE, Frankreich), Anwar Bhai Rumjaun (Mauritius Institute of Education, Mauritius), Jenny Schlüpmann (Freie Universität Berlin, Deutschland), David Wilgenbus (OCE, Frankreich)

Lektorat (in alphabetischer Reihenfolge)

Badin Borde (Siemens Stiftung, Deutschland), Raphaëlle Kounkou-Arnaud (Météo-France, Frankreich), Maria A. Martin (Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Deutschland), Christine Niewöhner (Siemens Stiftung, Deutschland), Vincent Viguié (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement, Frankreich)

Danksagung

Technical Support Unit of IPCC Working Group I für die Zurverfügungstellung von Hintergrundinformation

Veröffentlichung

Dezember 2018

Übersetzung (Januar 2019)

Jenny Schlüpmann

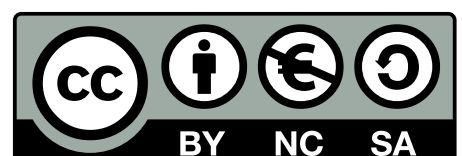
Fotos

John Salvino (Titelbild)
Patrick Hendry (Seite 8)
Bill Wegener (Seite 10 & 22)
VanveenJF (Seite 12)
NASA (Seite 15)
Juha Lakaniemi (Seite 16)
John Westrock (Seite 20)
Alto Crew (Seite 23)

Bildgestaltung

Mareva Sacoun (mareva.sacoun@gmail.com)

Dieses Material wurde (mit Ausnahme der Fotos) unter der folgenden Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht. Sie dürfen es weitergeben, nutzen und anpassen, allerdings nicht für kommerzielle Zwecke.





Einleitung.....	5
A. Die globale Erwärmung verstehen.....	6
B. Auswirkungen des Klimawandels bei +1,5°C und bei +2°C.....	13
C. Wie kann man die Erderwärmung auf 1,5°C begrenzen?.....	17
D. Klimawandel und Nachhaltigkeit gleichzeitig angehen.....	19
Glossar.....	21
Weiterführende Links.....	22

„Jedes Grad zählt, jede Entscheidung zählt. Wenn wir heute nicht handeln, erhöhen wir die Bürde für die nächsten Generationen [...]. Die Erderwärmung auf 1,5°C zu begrenzen ist nicht unmöglich, erfordert aber drastische und sofortige Maßnahmen.“

Valérie Masson-Delmotte,

Co-Vorsitzende des Working Group I des IPCC

Rede im Französischen Senat, 8. Oktober 2018

Einleitung

Was ist das IPCC?

Das **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, der Weltklimarat, ist eine internationale Institution, die regelmäßig den aktuellen **Stand der Klimaforschung** zusammenträgt und bewertet. Das IPCC wurde 1988 von den Vereinten Nationen mit dem Ziel gegründet, den politischen Entscheidungsträgern regelmäßig einen Überblick über die Ergebnisse der Klimaforschung zu geben.

Das IPCC erläutert in seinen Sachstandsberichten, wie sich der Klimawandel weiterentwickeln könnte. Es stellt verschiedene Szenarien vor, die sich im weiteren Verlauf der globalen Treibhausgasemissionen unterscheiden (weiterer Anstieg, rasche Verringerung usw.), und beschreibt die unterschiedlichen Risiken für Mensch und Natur.

Das IPCC stellt Möglichkeiten vor, wie man das Klima schützen könnte, wie sich die Menschen an den Klimawandel anpassen könnten, und welches die jeweiligen Folgen wären. Es schreibt den politischen Entscheidungsträgern aber nicht vor, welche Maßnahmen sie ergreifen müssen. **Die IPCC-Berichte werden von Hunderten von führenden Wissenschaftlern aus der ganzen Welt verfasst und von den Regierungen der 195 Mitgliedsländer offiziell angenommen.** Das IPCC arbeitet, indem es bereits veröffentlichte wissenschaftliche Literatur zusammenfasst und bewertet. Es betreibt keine eigene Forschung.

Die IPCC-Sachstandsberichte erscheinen etwa alle sechs Jahre. Dazwischen werden Sonderberichte zu spezifischen Themen veröffentlicht. Im aktuellen (sechsten) IPCC-Bewertungszyklus werden drei Sonderberichte veröffentlicht:

- 1,5°C globale Erwärmung
- Klimawandel und Landnutzung
- Ozean und Kryosphäre in einem sich verändernden Klima

An den IPCC-Berichten arbeiten drei Arbeitsgruppen:

- Arbeitsgruppe I: Vergangene und mögliche zukünftige Veränderungen des Klimasystems und des Kohlenstoffkreislaufs („Die physikalischen Grundlagen“)
- Arbeitsgruppe II: Vergangene und zukünftige Folgen des Klimawandels und mögliche Anpassungen („Folgen, Anpassung, Verwundbarkeit“)
- Arbeitsgruppe III: Möglichkeiten zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen („Minderung des Klimawandels“)

Jeder Bericht enthält eine Zusammenfassung für Entscheidungsträger (Summary for Policy Makers).

Wozu ein 1,5°C-Bericht?

Das im Dezember 2015 erzielte Klima-Abkommen von Paris war ein Meilenstein in den internationalen Verhandlungen über den Klimawandel. Fast alle großen treibhausgasemittierenden Länder – auf sie entfallen rund 90% der weltweiten Treibhausgasemissionen – haben das Pariser Klima-Abkommen inzwischen ratifiziert. Ziel des Abkommens ist es, die globale Erwärmung deutlich unter 2°C zu halten und Anstrengungen zu unternehmen, sie auf 1,5°C zu begrenzen. Das Abkommen befasst sich mit der Reduzierung von Treibhausgasemissionen und der Anpassung an die Folgen des Klimawandels. Gegenüber früheren internationalen Klimaverhandlungen, deren Ziel eine Begrenzung der Erderwärmung auf 2°C war, stellt die 1,5°C-Temperaturgrenze noch einmal eine deutliche Verschärfung dar.

Um die wissenschaftlichen Erkenntnisse über diese ehrgeizige neue Temperaturgrenze zusammenzufassen, wurde das IPCC im Jahr 2015 beauftragt, einen **Sonderbericht zur Begrenzung der Erderwärmung auf 1,5°C** zu erstellen. Der Bericht, an dem 74 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus 40 Ländern zwei Jahre lang gearbeitet haben, wurde im Oktober 2018 in Korea von allen Regierungen der IPCC-Mitgliedsstaaten abgeschlossen und **angenommen**.

Die folgende **Zusammenfassung des Sonderberichts „1,5°C globale Erwärmung“** richtet sich speziell an **Lehrerinnen und Lehrer**. Sie enthält zudem Aufgaben für den Schulunterricht.

Für den Schulunterricht

Frage Warum wird dieser IPCC-Sonderbericht „1,5°C-Bericht“ genannt?

A. Die globale Erwärmung verstehen

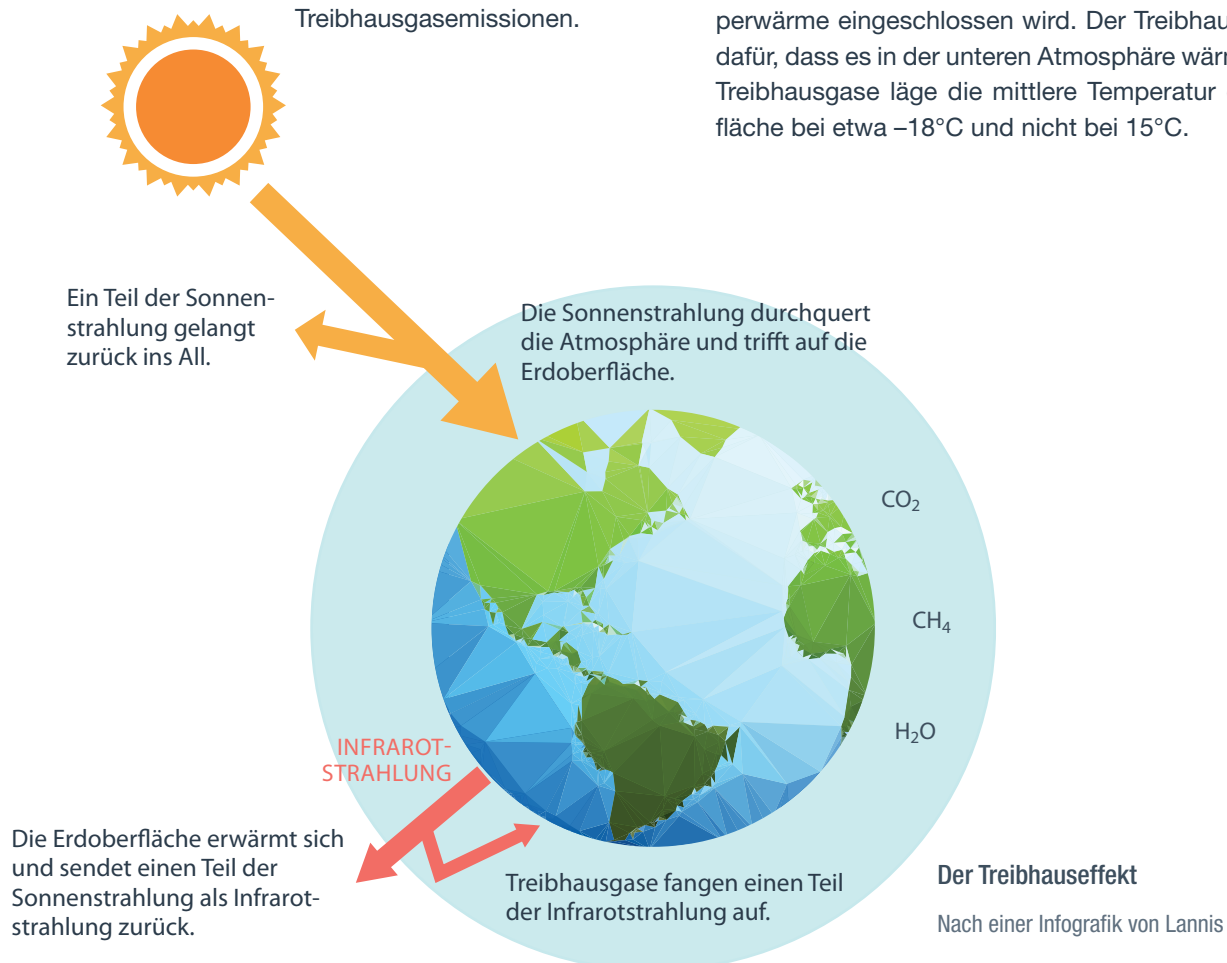
Treibhausgasemissionen – früher, heute und in der Zukunft

Industrielle Revolution

Im 19. Jahrhundert begründete der Fortschritt in Wissenschaft und Technologie die **industrielle Revolution**. Von Großbritannien aus breitete sich die Industrialisierung zunächst in Europa und schließlich weltweit aus. Parallel zu der Entwicklung von Industrie, Verkehr und Landwirtschaft stieg die Weltbevölkerung dank der Fortschritte in der Hygiene und der Medizin rasant an. Beides zusammen führt zu einem raschen Anstieg des Verbrauchs fossiler Brennstoffe – und damit zu einem weltweiten Anstieg der Treibhausgasemissionen.

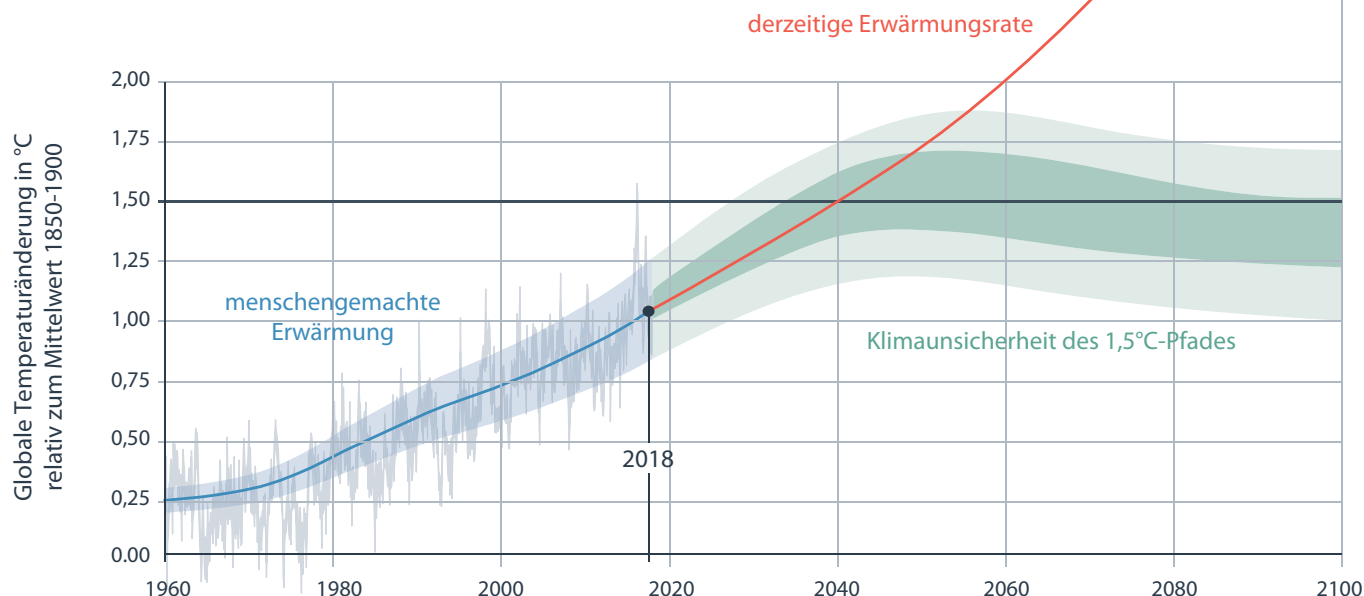
Der Treibhauseffekt – Wie verändern wir das Klima?

Die Sonnenstrahlen durchqueren die Atmosphäre und erwärmen die Erdoberfläche. Der Erdboden reflektiert **Infrarotstrahlung** in die Atmosphäre. Ein Teil dieser Infrarotstrahlung gelangt ins All, der andere Teil wird von den **Treibhausgasen** in der Atmosphäre (hauptsächlich Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas und Ozon) absorbiert und zurück zur Erdoberfläche gesandt. Treibhausgase wirken also wie eine Decke, unter der die Körperwärme eingeschlossen wird. Der Treibhauseffekt sorgt dafür, dass es in der unteren Atmosphäre wärmer ist. Ohne Treibhausgase läge die mittlere Temperatur der Erdoberfläche bei etwa -18°C und nicht bei 15°C .



Die durch menschliche Aktivitäten ausgestoßenen Treibhausgase erhöhen die Wirksamkeit dieser „Atmosphären-decke“ und führen zu einem Anstieg der Durchschnittstemperatur, d. h. zu einer **globalen Erwärmung**. Die von Menschen verursachten Treibhausgasemissionen haben seit Beginn der **industriellen Revolution** zu einer **globalen Erwärmung von etwa 1,0°C** geführt.

Wenn die Emissionen mit der derzeitigen Geschwindigkeit weiter ansteigen, erreichen wir bereits zwischen 2030 und 2052 eine **globale Erwärmung von 1,5°C** – das heißt eine zusätzliche Erwärmung von 0,5°C gegenüber dem heutigen Niveau.



Die von Menschen verursachte Erderwärmung lag 2017 um 1°C über dem vorindustriellen Niveau. Steigt die Temperatur mit der gleichen Geschwindigkeit weiter an, dann wird die Erderwärmung ca. im Jahr 2040 bereits 1,5°C über dem vorindustriellen Wert liegen.

Aus dem 1,5°C-Sonderbericht des IPCC (vereinfacht) übernommen

Für den Schulunterricht

Aufgabe Recherchiere die Definition für das Klima und beschreibe, wie sich Klima und Wetter unterscheiden.

Die Definition des Begriffs Klima findest du auf der Webseite der WMO (World Meteorological Organization, die Weltorganisation für Meteorologie). Stichworte: 30 Jahre, Temperatur, Niederschlag, Atmosphäre.

Das Klima ist das durchschnittliche Wetter. Das Klima an einem bestimmten Ort wird beschrieben durch die über einen längeren Zeitraum erfassten statistischen Mittelwerte und Schwankungen relevanter Größen wie Temperatur, Niederschlag und Wind. Der betrachtete Zeitraum beträgt mindestens 30 Jahre. Das Klima bestimmt, welche Kleidung wir kaufen sollten; die Wettervorhersage bestimmt dagegen, was wir anziehen sollten.

Frage Was ist ein Treibhausgas?

Erstelle eine Liste der verschiedenen Treibhausgase. Erkläre, wie sie entstehen.

Aufgabe Erkläre den Treibhauseffekt mit einem Schema und einem kurzen Text.

Verwende die folgenden Wörter: Emission, Absorption, Reflexion, Infrarotstrahlung, Atmosphäre, Erdoberfläche.

Erkläre insbesondere den Unterschied zwischen natürlichem und anthropogenem Treibhauseffekt.

(Anthropogen bedeutet „durch menschliche Aktivitäten verursacht“.)

Aufgabe **Vergleiche das Treibhauspotenzial von Methan, Lachgas und Fluorkohlenwasserstoffen mit dem Treibhauspotenzial von CO₂.** Siehe dazu zum Beispiel die Tabelle 8.7 im IPCC-Bericht AR5, Kapitel 8, S. 714:
www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

Aufgabe **Erkläre, was man unter globaler Erwärmung versteht.**

Frage Bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe wird CO₂ freigesetzt. **Wie können wir den Ausstoß von CO₂ und den Ausstoß anderer Treibhausgase wie Methan (CH₄) oder Distickstoffmonoxid (Lachgas, N₂O) reduzieren?**

Stichworte: Biogasproduktion, Aufforstung, Düngemittel in der Landwirtschaft, erneuerbare Energien, Energieeinsparung.

Aufgabe **Erkläre, was Fluorkohlenwasserstoffe mit dem Ozonloch und mit der Erderwärmung zu tun haben.**

Die Trägheit des Klimas

Selbst wenn wir alle unsere CO₂-Emissionen sofort stoppen würden – wie auch immer –, würden sich die Temperaturen zwar stabilisieren, aber nicht sinken. Es dauert Jahrhunderte bis Jahrtausende, bis das CO₂ in der Atmosphäre durch natürliche Prozesse abgebaut wird.

Der Meeresspiegel würde in dieser Zeit weiter ansteigen, da sich, aufgrund der langsamen Erwärmung des gesamten Ozeans, das Wasser weiter ausdehnt. Um die globale Temperatur der Erde auf das vorindustrielle Niveau zu senken, müssten wir aktiv CO₂ aus der Atmosphäre entfernen.

Das Klima-Abkommen von Paris

Im Rahmen des Klima-Abkommens von Paris haben sich 195 Länder dazu verpflichtet, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2°C zu begrenzen, möglichst sogar unter 1,5°C. Auch wenn eine Begrenzung der Erderwärmung auf unter 1,5°C noch möglich ist – trotz der bereits ausgestoßenen CO₂-Mengen – müssten wir sehr schnell handeln, um dieses Ziel zu erreichen.

Es kann nur erreicht werden, wenn wir in den nächsten Jahrzehnten große, anhaltende Anstrengungen unternehmen, um unsere CO₂-Emissionen auf null zu reduzieren – und zwar überall auf der Welt und in allen Wirtschaftszweigen.

Für den Schulunterricht

Aufgabe **Finde die atmosphärischen Verweildauern verschiedener Treibhausgase heraus.**

Die atmosphärische Verweildauer ist die mittlere Dauer, die ein Treibhausgas in der Atmosphäre bleibt. Argumentiere mit den Verweildauern, **warum die Erderwärmung „noch Jahrhunderte bis Jahrtausende andauern wird“.**

Auswirkungen des Klimawandels und Anpassungsmöglichkeiten

Die Erderwärmung verursacht Veränderungen des Klimasystems (physikalische Auswirkungen des Klimawandels). Diese Veränderungen wirken sich jetzt schon sowohl auf die Menschen als auch auf Pflanzen, Tiere und Ökosysteme aus. Es können mehrere Auswirkungen des Klimawandels gleichzeitig auftreten oder/und mit anderen, nicht vom Klimawandel verursachten Faktoren interagieren, wie zum Beispiel der Luftverschmutzung.

Im Folgenden erläutern wir die verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels und weshalb einige Regionen und Bevölkerungsgruppen stärker gefährdet sind als andere. In vielen Fällen können wir die Auswirkungen begrenzen, indem wir Maßnahmen zur Bekämpfung dieser Auswirkungen planen und umsetzen. Da eine solche **Anpassung an den Klimawandel** lokal bis regional erfolgen muss, kann das Wissen der einheimischen Bevölkerung eine wichtige Rolle spielen. Wir stellen nun den Begriff der Anpassung vor – unter Berücksichtigung der **Klimaunsicherheit**, denn wir können nicht mit absoluter Sicherheit sagen, wie sich das Klima in Zukunft verändern wird.

Die physikalischen Auswirkungen

Unter **globaler Erwärmung** oder **Erderwärmung** verstehen wir die **Erhöhung der mittleren Oberflächentemperatur des gesamten Planeten**. Allerdings **erwärmen sich einige Regionen mehr** als andere. So ist zum Beispiel die **Erwärmung in der Arktis am größten**, und **an Land im Allgemeinen größer als in den Ozeanen**. Spätestens in dem Jahrzehnt von 2006 bis 2015 hatten bereits 20 bis 40% der Weltbevölkerung in mindestens einer Saison eine Erwärmung um 1,5°C erlebt.

Der Klimawandel manifestiert sich auf verschiedenen Zeitskalen: durch Veränderungen bei einzelnen, extremen Wetterereignissen, wie Hurrikanen, und durch allmähliche Veränderungen, die über Jahrzehnte immer größer werden, wie zum Beispiel der Anstieg des Meeresspiegels. Die Auswirkungen können sich gegenseitig beeinflussen und verstärken (zum Beispiel schwerwiegende Überschwemmungen infolge einer Sturmflut – zusätzlich zum langfristigen Meeresspiegelanstieg).

Extreme Wetterereignisse und Erderwärmung

Es ist zu erwarten, dass durch den Klimawandel extreme Wetterereignisse – wie Hitzewellen, starke Regenfälle, Überschwemmungen und Dürren – häufiger werden und heftiger ausfallen. Bei einer größeren Erderwärmung ist zu erwarten, dass starke Hurrikane häufiger auftreten, die Gesamtzahl der Hurrikane aber voraussichtlich abnehmen wird.

Für den Schulunterricht

Aufgabe Schau dir die Karte in dem am Ende der Aufgabe angegebenen Link an. Sie zeigt den Anstieg der Anzahl der Tropennächte ($T_{\min} \geq 20^{\circ}\text{C}$) und heißen Tage ($T_{\max} \geq 35^{\circ}\text{C}$) in Europa an (beide Zahlen werden addiert).

Wie viele zusätzliche tropische Nächte/heiße Tage wird es 2071-2100 im Vergleich zu 1961-1990 geben

— in Südpotugal?

— in Norddeutschland?

— in Norwegen?

Quelle: European Environment Agency

www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/increase-in-the-number-of

Stetige Veränderungen

Der globale Wasserkreislauf wird beschleunigt und intensiver, wobei Trockengebiete aufgrund der **zunehmenden Verdunstung** trockener und feuchte Gebiete feuchter werden.

Der **Meeresspiegel steigt an**, weil Gletscher und Eisschilde schmelzen und weil sich die wärmer werdenden Ozeane ausdehnen. Flüssigkeiten dehnen sich bei ansteigender Temperatur aus: Wenn die Temperatur des Ozeans ansteigt, wird sein Volumen größer. Das **Schmelzen von Kontinentaleis** – das heißt Eis, das sich an Land befindet, wie Gletscher, der Grönländische und der Antarktische Eisschild – führt ebenfalls zu einem Anstieg des Meeresspiegels, da das Schmelzwasser in die Ozeane fließt.

Seit 1979 nimmt das Meereis in der Arktis stetig ab. Das auf dem Meer schwimmende Eis trägt allerdings nicht zum Anstieg des Meeresspiegels bei.

Die stetige Zunahme der CO_2 -Menge in der Atmosphäre führt nicht nur zur Erderwärmung, sie hat auch direkte Auswirkungen. Das CO_2 löst sich im Ozean und reagiert mit dem Wasser: Es entsteht Kohlensäure; der Säuregehalt des Ozeans wird größer. Man spricht von **Versauerung der Ozeane**.

Für den Schulunterricht

Aufgabe Recherchiere: **Was verursacht den Meeresspiegelanstieg?**

Auswirkungen auf menschliche Systeme

Die Erderwärmung **beeinträchtigt viele menschliche Aktivitäten und Bedürfnisse**. Häufigere extreme Wetterereignisse haben unmittelbare Auswirkungen auf den Anbau und die Ernte von Nutzpflanzen. Höhere Temperaturen begünstigen die Ausbreitung von Infektionskrankheiten in neue Gebiete. Schmelzende Gletscher und sich verändernde Niederschlagsmuster beeinflussen die Süßwasserversorgung. Der Meeresspiegelanstieg führt zu Küstenerosion und zum Eindringen von Salzwasser in das Grundwasser oder in Flussmündungen – was schwere Folgen für Ackerland und Süßwasservorräte hat.

Der Klimawandel wirkt sich zwar im Großen und Ganzen nachteilig auf Menschen und Ökosysteme aus, er kann aber in einigen Fällen auch positive Auswirkungen haben, wie zum Beispiel längere Vegetationsperioden. Die Veränderungen finden allerdings nicht isoliert statt; sie können mit anderen unabhängigen Faktoren zum Besseren oder Schlechteren interagieren. So kann beispielsweise der übermäßige Wasserverbrauch an einem von Dürre bedrohten Ort eine Bevölkerung bei auftretender Dürre anfälliger machen.

Wie stark sich eine Klimaveränderung an einem bestimmten Ort auswirkt, hängt nicht nur davon ab, wie groß diese Veränderung ist, sondern auch davon, in welchem Maße der Standort **exponiert** (dieser Veränderung ausgesetzt) ist und wie **vulnerabel** Bevölkerung und Infrastruktur sind. Vom Meeresspiegelanstieg sind die Bevölkerungsgruppen, die in niedrig liegenden Küstengebieten und auf Inseln leben, am stärksten betroffen. Dürren treffen hauptsächlich diejenigen, die für ihren Lebensunterhalt und ihre Nahrungsmittelversorgung direkt von der Landwirtschaft abhängig sind. Die Landwirtschaft reagiert besonders empfindlich auf Änderungen der Temperatur und der Niederschlagsmengen.

Wie **exponiert** und **vulnerabel** ein Ort und seine Bewohner sind, kann sich mit der Zeit ändern. Tatsächlich zielen die Bemühungen zur Anpassung an den Klimawandel darauf ab, die Vulnerabilität und die Exposition gegenüber bestimmten Klimaauswirkungen zu verringern. Die Vulnerabilität kann durch wirtschaftliche Entwicklung und Diversifizierung verringert werden, der Exposition begegnet man, indem Menschen und Infrastrukturen in sichere Bereiche umgesiedelt werden (bei einem Anstieg des Meeresspiegels: Umsiedlung in höher gelegene Gebiete).

Eine der Hauptschwierigkeiten bei der Anpassung an den Klimawandel besteht darin, dass zukünftige Klimaänderungen oft **nicht genau vorhersehbar** sind. Nehmen wir zum Beispiel den Meeresspiegelanstieg. Die größten potenziellen Verursacher des Meeresspiegelanstiegs sind der Antarktische und der Grönländische Eisschild – sie stellen zusammen die größte Menge an kontinentalem Eis dar (durchschnittliche Dicke: 2,5 km für die Antarktis und 2 km für Grönland). Schätzungen, in welchen Zeiträumen

und in welchem Ausmaß der Meeresspiegel ansteigen wird, variieren jedoch beträchtlich. Aktuelle Schätzungen liegen zwischen **25 Zentimetern und über einem Meter bis zum Jahr 2100**, je nachdem wie viel CO₂ wir in Zukunft emittieren. Die Unsicherheit bei den Prognosen für das zukünftige Klima ergibt sich auch aus den unterschiedlichen Schätzungen der zukünftigen Erderwärmung – die wiederum von der Zunahme der Treibhausgase in der Atmosphäre abhängt. Die Frage ist also: Wie empfindlich reagiert das Klimasystem tatsächlich auf die erhöhte Treibhausgaskonzentration?

Eine weitere Schwierigkeit für die Planung von Anpassungsmaßnahmen, wie zum Beispiel Küstenschutz, besteht darin, dass diese Maßnahmen ihre eigenen Risiken mit sich bringen. Außerdem müssen die bei der Umsetzung resultierenden Treibhausgasemissionen berücksichtigt werden. Es wäre nicht zielführend, wenn die Anpassungsmaßnahmen zu erhöhten CO₂-Emissionen führen würden. Auch die Auswirkungen auf die nachhaltige Entwicklung, einschließlich der Bereiche Ernährung, Wasser und menschliche Sicherheit, müssen berücksichtigt werden (siehe Abschnitt D).

Für den Schulunterricht

Aufgabe Denke dir Maßnahmen zum Klimaschutz bzw. zur Anpassung an den Klimawandel aus – für dein Zuhause, deine Stadt/dein Dorf oder dein Land.

Du kannst dich auf der Seite Climate-ADAPT inspirieren lassen: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/adaptation-measures>



Auswirkungen auf die Ökosysteme und biologische Anpassung

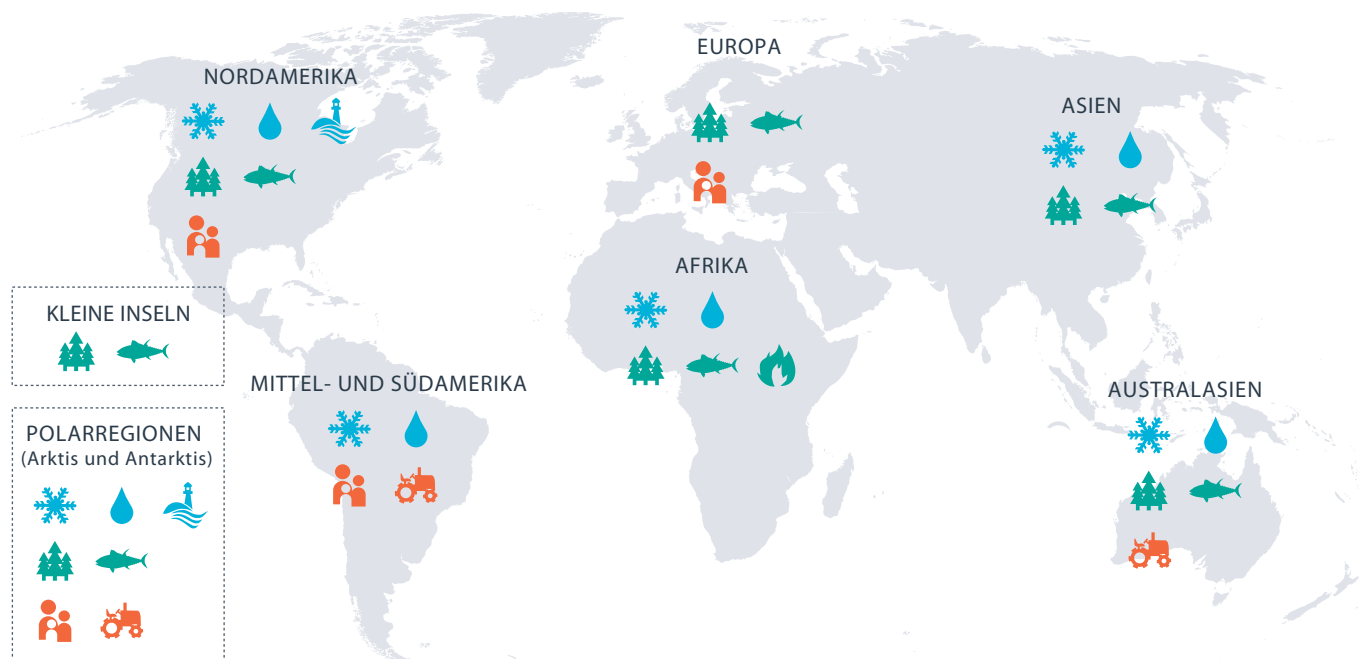
Der Temperaturanstieg wirkt sich bereits auf die **Biodiversität und die Ökosysteme** aus, und wird dies auch weiterhin tun. Die Erderwärmung beeinflusst die Habitate von Pflanzen und Tieren, die in der Folge entweder migrieren, sich anpassen oder aussterben. Arten wandern in kühlere Gegenden – im Ozean Richtung Pole oder in größere Tiefen, an Land Richtung Pole oder in höher gelegene Gebiete. Das ist aber nicht immer einfach (zum Beispiel bei einer Zerstückelung der Habitate), oder sie können nicht schnell genug migrieren.

Die biologische Anpassung umfasst Veränderungen des Zeitpunkts saisonaler Aktivitäten und Vorgänge (zum Beispiel der Zeitpunkt der Blüte von Pflanzen) und die Evolution der Arten. Diese Veränderungen können die Struktur von Ökosystemen verändern und deren Nutzen für die Menschen beeinträchtigen (zum Beispiel Küstenschutz durch Korallenriffe).

Die **Versauerung der Ozeane** ist ein weiteres wohlbekanntes Beispiel dafür, wie sich der Klimawandel auf die Biodiversität auswirken kann. Der zunehmende Säuregehalt hat für Meeresorganismen zahlreiche potenzielle Konsequenzen: Er wirkt sich nachweislich auf das **Immunsystem von Schalentieren, auf bestimmte Planktonarten sowie auf die Skelettbildung von Korallen** aus.

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.**

Der nächste Abschnitt vergleicht, wie groß die klimabedingten Risiken bei einer Erderwärmung von 1,5°C versus 2°C sind.



Beobachtete, durch den Klimawandel bedingte Auswirkungen auf ...		
physikalische Systeme - Gletscher, Schnee, Eis und/oder Permafrost - Flüsse, Seen, Überschwemmungen und/oder Dürren - Küstenerosion und/oder Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs	biologische Systeme - Land-Ökosysteme - Waldbrände - Marine Ökosysteme	menschliche und verwaltete Systeme - Nahrungsmittelproduktion - Existenzgrundlage, Gesundheit und/oder Wirtschaft

Klimabedingte Auswirkungen, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit eintreten werden (basierend auf vorhandener wissenschaftlicher Literatur)

Aus dem 1,5°C-Sonderbericht des IPCC (vereinfacht) übernommen

KURZ ZUSAMMENGEFASST

Menschliche Aktivitäten haben in den letzten 150 Jahren zu einem Anstieg der globalen Temperatur um 1,0°C geführt.

Wenn sich die Erde mit dem aktuellen Tempo weiter erwärmt, dürfte die globale Erwärmung zwischen 2030 und 2052 die 1,5°C-Marke erreichen.

Das von uns Menschen emittierte CO₂ wird über Jahrhunderte bis Jahrtausende in der Atmosphäre verweilen. Die Temperaturen bleiben noch lange erhöht, auch wenn wir kein weiteres CO₂ in die Atmosphäre emittieren.

Der Klimawandel manifestiert sich auf verschiedenen Zeitskalen: Er ist sowohl für kurzfristige extreme Wetterereignisse verantwortlich als auch für allmähliche, langfristige Veränderungen wie den Anstieg des Meeresspiegels, das Schmelzen von Gletschern und Eisschilden sowie die Veränderungen der Biodiversität.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf eine Gemeinschaft hängen nicht nur von der Geschwindigkeit und dem Ausmaß der Klimaveränderungen ab, sondern auch davon, wie exponiert ihr Standort und wie anfällig sie für die Veränderungen ist. Die Anpassung wird dadurch erschwert, dass wir nicht genau vorhersagen können, wie sich das Klima an einem bestimmten Ort in Zukunft verändern wird.



Für den Schulunterricht

Aufgabe Im 1,5°C-Bericht steht, dass die globale Temperatur bereits um ca. 1,0°C gestiegen ist, und dass die globale Erwärmung zwischen 2030 und 2052 voraussichtlich 1,5°C erreichen wird, wenn sie mit der gleichen Rate voranschreitet.

Ermittle die aktuelle Erwärmungsrate.

Hinweise zur Lösung dieser Aufgabe:

1. Nimm konkrete Zahlen: Für „heute“ nimm 2017, für „zwischen 2030 und 2052“ nimm 2036.
2. Teile die Aufgabe in einzelne Schritte auf: Bis 2017 betrug der Anstieg der mittleren globalen Temperatur 1,0°C.
 - Um eine globale Erwärmung von 1,5°C zu erreichen, fehlen nur noch 0,5°C.
 - Ein Anstieg von 0,5°C zwischen 2017 und 2036 entspricht einer Erwärmungsrate von: $0.5^{\circ}\text{C} / (2036 - 2017) = 0.026^{\circ}\text{C pro Jahr}$ (oder 0.26°C pro Dekade).

Lösung: Die aktuelle Erwärmungsrate beträgt etwa 0,026°C pro Jahr.

Aufgabe Die folgende Karte zeigt, wie vulnerabel die verschiedenen Länder der Europäischen Union gegenüber dem Klimawandel sind: www.espon.eu/sites/default/files/attachments/Vulnerability_ESPONclimate.pdf (verlinkende Seite: www.espon.eu/climate-2012).

Welche Regionen sind besonders vulnerabel (verwundbar)? Begründe und argumentiere.

B. Auswirkungen des Klimawandels bei +1,5°C und bei +2°C

Das Ausmaß der globalen Erwärmung hängt sowohl von der Menge der bisher emittierten Treibhausgase ab als auch von der Menge der Treibhausgase, die wir in den kommenden Jahren emittieren werden. Es gilt ganz allgemein: Je größer die Erderwärmung, desto größer sind die Risiken und Auswirkungen.

Eine globale Erwärmung von 2°C hätte deutlich größere Auswirkungen als eine globale Erwärmung von 1,5°C (das sind 1°C mehr als heute gegenüber 0,5°C mehr als heute). Nachstehend stellen wir für die verschiedenen Auswirkungen konkrete Beispiele aus dem 1,5°C-Bericht vor.

Auswirkungen bei +1,5°C vs. +2°C

EXTREME EREIGNISSE

Hohe Temperaturextreme können lokal schneller zunehmen als die durchschnittliche Erwärmung des gesamten Planeten. So kann zum Beispiel bei einem Anstieg der globalen Temperatur um 0,5°C der Anstieg der höchsten Temperatur, die während einer Hitzewelle erreicht wird, zwei- bis dreimal so hoch sein (z. B. ein Anstieg um 1,5°C von 30,0°C auf 31,5°C). Dreimal mehr Menschen (420 Millionen Menschen) wären mindestens einmal alle fünf Jahre starken Hitzewellen ausgesetzt, wobei die am stärksten betroffenen Regionen das Mittelmeer und das subsaharische Afrika wären.

Das hätte Auswirkungen auf die Gesundheit, insbesondere in Städten, die aufgrund eines „Wärmeinsel-Effektes“ – der durch die Gebäude und Straßen verursacht wird – künstlich wärmer sind als ihre Umgebung. Rund um das Mittelmeer und im südlichen Afrika besteht bei +1,5°C ein höheres Risiko für Dürren als bei +2°C. Weltweit wären bei +2°C zusätzliche 200-300 Millionen Menschen einer Wasserknappheit ausgesetzt als bei +1,5°C. Außerdem wird erwartet, dass es in hohen Breitengraden der nördlichen Hemisphäre bei +2°C häufiger starke Regenfälle geben wird als bei +1,5°C.

MEERESSPIEGELANSTIEG

Der Meeresspiegelanstieg wird im Jahr **2100 um 10 cm höher** sein, wenn die globale Erwärmung 2°C statt 1,5°C beträgt. Es werden **bis zu 10,4 Millionen Menschen zusätzlich von den Auswirkungen betroffen sein**. Bei einer Erderwärmung von über 1,5°C besteht ein erhöhtes Risiko, dass die polaren Eisschilde instabil werden, mit der Folge, dass über Jahrhunderte bis Jahrtausende der Meeresspiegel um mehrere Meter ansteigen würde. Der Meeresspiegel wird, selbst wenn wir die Emission von Treibhausgasen sofort einstellen, aufgrund der Trägheit des Ozeans weiter ansteigen.

MEEREIS

Bei einer Erderwärmung von 2°C wäre die Arktis im Sommer mehrere Male pro Jahrzehnt komplett eisfrei. Bei einer Erderwärmung von 1,5°C dagegen nur ein Mal oder einige Male pro Jahrhundert.

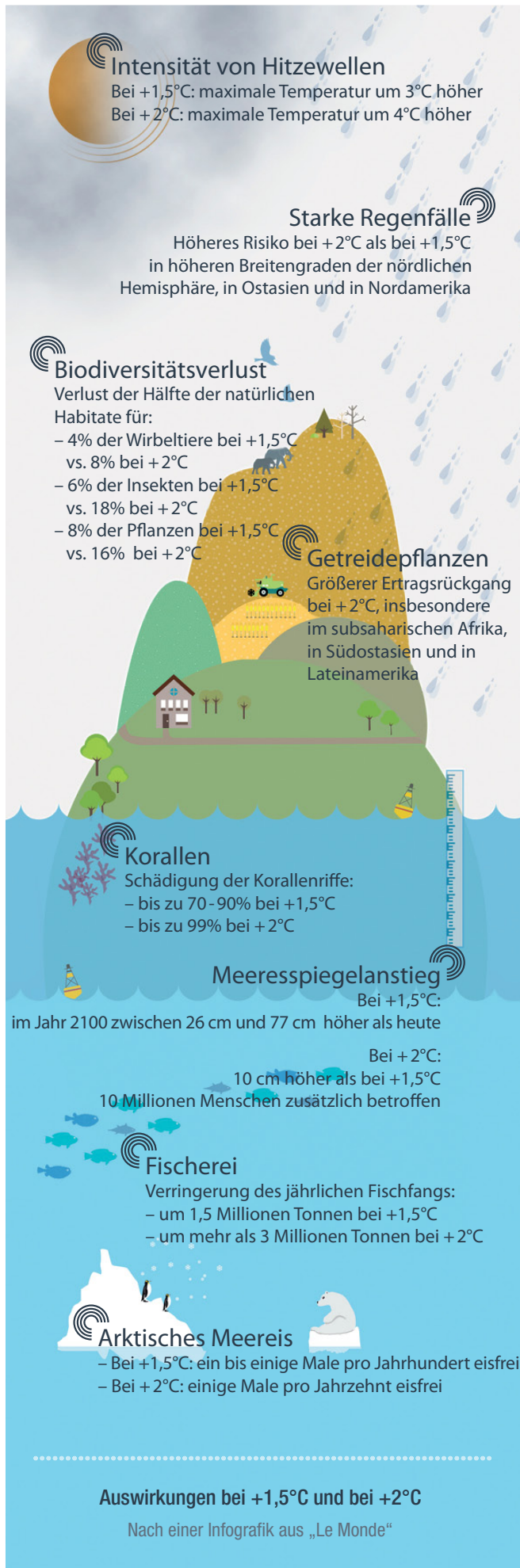
Für den Schulunterricht

Aufgabe Warum bedroht der Rückgang des arktischen Meereises die Lebensgrundlage der Eisbären?

ARTEN, ÖKOSYSTEME UND NAHRUNGSMITTELPRODUKTION

Die durch Klimaveränderungen gefährdete Landfläche dürfte bei +1,5°C etwa 50% geringer sein als bei +2°C. Auch für den Verlust und das Aussterben lokaler Arten ist das Risiko bei +1,5°C deutlich geringer.

Für Korallenriffe ist die Prognose bei +1,5°C verheerend, bei +2°C ist sie noch schlechter. Es wird erwartet, dass **etwa 70 bis 90% der Korallenriffe bei +1,5°C verlorengehen, bei +2°C sind es 99%**. Schon heute sind 30% der Korallen aufgrund des Temperaturanstiegs und der Versauerung des Ozeans beschädigt.



Der Rückgang der weltweiten Fischfangmenge könnte bei +2°C doppelt so groß sein wie bei +1,5°C. Außerdem wären die Ertragsrückgänge bei wichtigen Nahrungsmittelpflanzen wie Mais, Reis und Weizen bei +2°C größer als bei +1,5°C.

OZEANVERSÄUERUNG

Da der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre bei +1,5°C niedriger wäre als bei +2°C, würde der Ozean weniger CO₂ aufnehmen, und somit wäre der Anstieg des Säuregehalts des Ozeans bei +1,5°C geringer.

Für den Schulunterricht

Experiment Plane ein Experiment, mit dem du zeigen kannst, dass CO₂-Emissionen den Säuregehalt des Ozeans erhöhen.

Siehe zum Beispiel die Unterrichtseinheit „CO₂-Ausstoß und Versauerung der Ozeane“ aus dem Unterrichtsmodul von La main à la pâte „Der Ozean, mein Planet und ich!“ (Link ab Mai 2019 verfügbar).

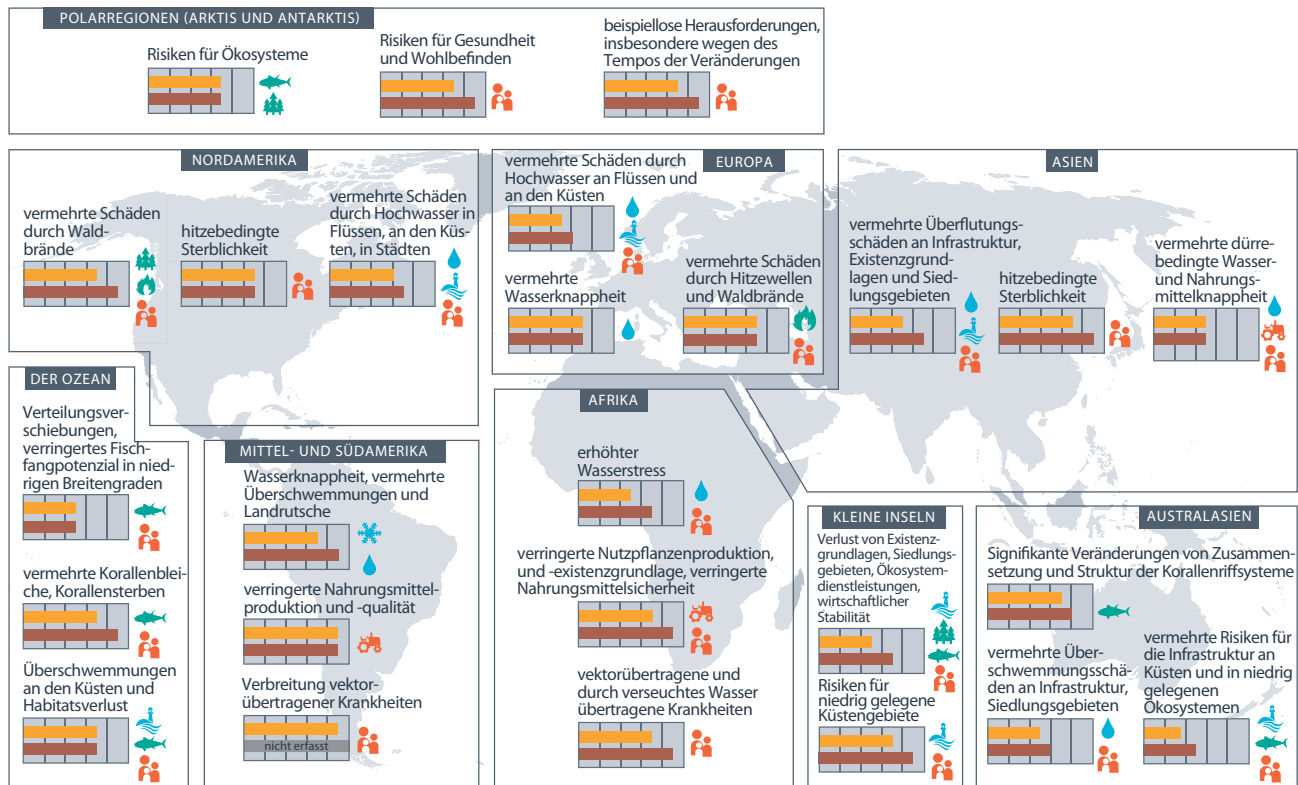
Frage Was sind die Ursachen und die Folgen einer Korallenbleiche?

Anpassung bei +1,5°C vs. +2°C

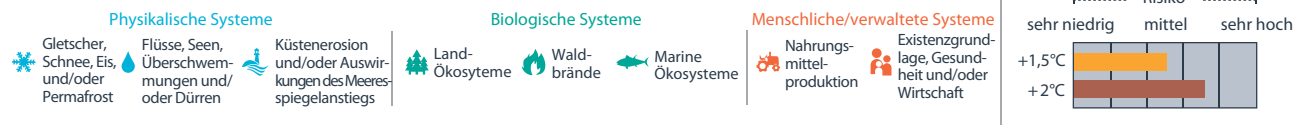
Alle zusammengenommen führen die größeren physikalischen Veränderungen bei einer Erderwärmung von 2°C gegenüber einer Erderwärmung von 1,5°C zu **größeren Risiken für die Existenzgrundlage, für die Ernährungs- und Wassersicherheit, für die menschliche Gesundheit und Sicherheit sowie für das Wirtschaftswachstum.**

Da die Auswirkungen bei +2°C größer wären als bei +1,5°C, wären **größere Anpassungsmaßnahmen erforderlich, um die Auswirkungen zu bewältigen.**

Doch bereits bei einer Erderwärmung von 1,5°C kann das Tempo der physikalischen Veränderungen das Anpassungsvermögen der Menschen übersteigen. So bleibt den Bevölkerungen flacher Inseln nichts anderes übrig, als bei anhaltendem Anstieg des Meeresspiegels ihre Inseln zu verlassen.



Typische Hauptrisiken für die einzelnen Regionen



Haupttrisiken für die verschiedenen Regionen der Welt und Potenzial für eine Risikoverminderung bei +1,5°C vs. +2°C

Aus dem 1,5°C-Sonderbericht des IPCC (vereinfacht) übernommen

Für den Schulunterricht

Aufgabe Nenne einige Auswirkungen der Erderwärmung auf die Küstenökosysteme.

Stichworte: Überschwemmung, Erosion usw.

Aufgabe Nenne einige Ökosystemdienstleistungen für den Menschen.

Stichworte: Bestäubung von Nutzpflanzen, Bereitstellung von sauberem Wasser, Bereitstellung von Nahrungsmitteln, Kohlenstoffdioxidsenken, Freizeit und Tourismus usw.

KURZ ZUSAMMENGEFASST

Eine Erderwärmung von 1,5°C ist nicht „sicher“ – die physikalischen Risiken und Auswirkungen werden groß sein. Sie werden jedoch wesentlich geringer sein als bei einer Erderwärmung von 2°C. Auch bei +1,5°C ist eine Anpassung erforderlich, der Aufwand ist allerdings geringer als bei +2°C. Die Möglichkeiten, sich anzupassen, sind sowohl bei +1,5°C als auch bei +2°C begrenzt.

Die physikalischen Veränderungen und Auswirkungen werden je nach Standort unterschiedlich ausfallen.

Was bei +1,5°C Erderwärmung im Vergleich zu +2°C anders wäre:

- Hitzewellen wären seltener und ihre Höchsttemperaturen geringer.
- Der Meeresspiegel würde um 10 cm weniger ansteigen. Das hätte zur Folge, dass Bewohner niedrig gelegener Küsten und Inseln mehr Möglichkeiten hätten, sich anzupassen.
- In der Arktis gäbe es bei +1,5°C meist noch das ganze Jahr über Meereis. Bei +2°C würde die Arktis im Sommer oft eisfrei sein.
- Die Auswirkungen auf die Biodiversität (einschließlich Biodiversitätsverlust) der Land-, Süßwasser- und Küstenökosysteme wären geringer. Es würden mehr Ökosystemdienstleistungen erhalten bleiben (Bestäubung, sauberes Wasser usw.).
- Die Versauerung der Ozeane würde geringer ausfallen, was die daraus resultierenden Risiken für die Biodiversität und die Ökosysteme der Meere verringern würde. Die Ökosystemdienstleistungen der Ozeane, wie zum Beispiel die Fischerei, wären weniger beeinträchtigt.

C. Wie kann man die Erderwärmung auf 1,5°C begrenzen?

Je mehr CO₂ und andere Treibhausgase wir in die Atmosphäre ausstoßen, desto mehr wird die globale Temperatur steigen. Leider bedeutet der langsame CO₂-Abbau in der Atmosphäre, dass die globale Temperatur für Jahrhunderte bis Jahrtausende erhöht bleiben wird, auch nachdem wir den Ausstoß von CO₂ komplett eingestellt haben werden. Das Ziel der bisherigen internationalen Klimaabkommen besteht nicht darin, die globale Temperatur wieder auf das vorindustrielle Niveau zu senken, sondern lediglich darin, die Erwärmung zu begrenzen, das heißt die Temperatur auf einem bestimmten (wenn auch erhöhten) Niveau zu stabilisieren.

Um die globale Temperatur zu stabilisieren, müssen wir unsere CO₂-Emissionen dauerhaft stoppen. Es gibt zwei Möglichkeiten, dies zu erreichen: Wir können unsere Emissionen tatsächlich auf null reduzieren. Oder auf netto-null: Das bedeutet, dass wir sie erheblich reduzieren und gleichzeitig die verbleibenden Emissionen ausgleichen, indem wir das CO₂ mit technologischen und/oder biologischen Mitteln aus der Atmosphäre entfernen. Im Endergebnis sieht es so aus, als hätten wir kein CO₂ emittiert.

CO₂-Abscheidung

Zu den biologischen Mitteln für die Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre gehören das Pflanzen von Bäumen und die Wiederherstellung von Ökosystemen. Zu den technologischen Mitteln gehören die direkte Abscheidung von CO₂ aus der Luft, unter Verwendung von Chemikalien und mit anschließender Verflüssigung des CO₂ und Lagerung unter Tage. Diese Technologie befindet sich noch in der Entwicklungsphase. Eine weitere Methode zur Entfernung von CO₂ besteht darin, Pflanzen und Bäume anzubauen, um sie als Brennstoff in Kraftwerken zu verbrennen, und das produzierte CO₂ anschließend aufzufangen und unterirdisch zu speichern. Da dieses CO₂ ursprünglich aus der Atmosphäre stammt (die Pflanzen und Bäume haben es während ihres Wachstums gespeichert), wird dadurch letztendlich CO₂ aus der Atmosphäre entfernt. Diese Me-

Um die globale Temperatur zu stabilisieren, müssen wir die CO₂-Emissionen nachhaltig stoppen

thode ist als BECCS bekannt (Bioenergy with Carbon Capture and Storage, d. h. Bioenergie mit CO₂-Abscheidung und -Speicherung). Da BECCS im großen Maßstab umgesetzt werden müsste, besteht die Sorge, dass der Anbau von Pflanzen für die Brennstoffproduktion mit der Nahrungsmittelproduktion konkurrieren würde. Außerdem wissen wir nicht, wie gut die Methode im großen Maßstab funktioniert. Um den Einsatz von CO₂-Abscheidungsmethoden zu vermeiden, müssten wir unsere CO₂-Emissionen viel stärker reduzieren.

Ziel des Pariser Abkommens ist, die Erderwärmung auf deutlich unter 2°C (1°C wärmer als heute) zu begrenzen, und Anstrengungen zu unternehmen, um sie auf unter 1,5°C (0,5°C wärmer als heute) zu begrenzen. Wir sind allerdings noch nicht auf dem richtigen Weg, um dieses Ziel zu erreichen. Vielmehr würden die derzeitigen CO₂-Reduktionszusagen der Länder, die das Abkommen ratifiziert haben, bis zum Ende dieses Jahrhunderts zu einer Erderwärmung von 3-4°C führen.

Zum Glück verfügt das Pariser Abkommen über einen Mechanismus, der es Ländern ermöglicht, ihre Ambitionen zur Emissionsreduzierung nachträglich zu steigern.

Überschreitung der Grenztemperatur

Um das Ziel zu erreichen, die Erderwärmung auf einen bestimmten Wert zu begrenzen (z. B. +1,5°C), gibt es zwei Arten von sogenannten Pfaden (Pfade werden z. B. durch den Verlauf der globalen Temperatur in den kommenden Jahrzehnten beschrieben): Pfade, bei denen die globale Temperatur bis zu diesem Grenzwert ansteigt und dann stabil bleibt; und Pfade, bei denen die globale Temperatur diesen Grenzwert vorübergehend überschreitet, anschließend aber wieder auf diesen Wert absinkt und dann stabil bleibt. Bei Überschreitungspfaden (overshoot pathways) ist eine Entfernung von CO₂ aus der Atmosphäre zwingend erforderlich, um die globale Temperatur nach Überschreitung des Grenzwertes wieder zu senken.

Die Auswirkungen des Überschreitens mit anschließender Stabilisierung bei 1,5°C unterscheiden sich von den Auswirkungen ohne Überschreitung des Grenzwertes aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten, mit denen Änderungen eintreten und der unterschiedlichen maximalen Erwärmung. Je größer die Überschreitung ist, und je länger sie andauert, desto größer sind die Risiken.

Emissionspfade bis 1,5°C

Wie schnell müssten wir die CO₂-Emissionen nachhaltig auf null reduzieren, um die Erderwärmung auf ein bestimmtes Niveau zu begrenzen? Um die Erderwärmung auf 1,5°C zu begrenzen, müssten die CO₂-Emissionen bis 2030 um 45% gegenüber dem Stand von 2010 sinken, und im Jahr 2050 praktisch null erreichen. Um die Erderwärmung auf 2°C zu begrenzen, müssten die CO₂-Emissionen bis 2030 um 20 % sinken, und bis etwa 2075 null erreichen. In beiden Fällen sind in den nächsten Jahrzehnten erhebliche und unverzügliche Anstrengungen zur Emissionsreduzierung erforderlich. Wenn wir die Maßnahmen jetzt hinauszögern, wird in Zukunft eine schnellere Emissionsreduzierung erforderlich sein, um die Erderwärmung auf das gleiche Niveau zu begrenzen. Solch eine schnellere Emissionsreduzierung wird nicht nur schwieriger, sondern auch teurer sein.

Was müssen wir tun?

Als Erstes müssen wir weltweit die Nachfrage nach Energie, Rohstoffen und Nahrungsmitteln reduzieren. Das ließe sich zum Beispiel durch Veränderungen im Verhalten und im Lebensstil erreichen, insbesondere beim Nahrungsmittelkonsum (weniger Fleisch- und Milchprodukte essen, weniger Nahrungsmittel verschwenden) und bei der Verkehrsmittelwahl (weniger fliegen). Außerdem würde eine bessere Isolierung von Gebäuden den Heizbedarf senken – Gebäude sind für rund ein Drittel des weltweiten Energieverbrauchs verantwortlich.

Zweitens müssen wir Energie und Rohstoffe effizienter nutzen, zum Beispiel durch Umstellung auf energieeffiziente Geräte oder effizientere Prozesse in der Industrie. Im Bausektor könnte die Verwendung emissionsarmer Baustoffe wie Holz zur Emissionsreduzierung beitragen.

Drittens müssen wir die landwirtschaftlichen Praktiken verbessern, um die Emissionen und den Wasserverbrauch zu verringern. Auch eine bessere Bodenbewirtschaftung und eine veränderte Ernährung von Rindern würde zur Emissionsreduzierung beitragen. Außerdem müssen wir der Entwaldung Einhalt gebieten. Sie macht, zusammen mit anderen Veränderungen der Landnutzung, 12 % der CO₂-Emissionen aus.

Schließlich müssen wir die Zusammensetzung der globalen Energieversorgung verändern. Erneuerbare Energien wie Biomasse, Wind, Wasserkraft und Sonnenenergie müssen in großem Umfang ausgebaut werden. Wollen wir

das 1,5°C-Ziel erreichen, sollten erneuerbare Energien im Jahr 2050 die Hälfte bis zwei Drittel der Primärenergie ausmachen. Wir müssen auch im Verkehrsbereich weg von fossilen Brennstoffen, hin zu emissionsarmer Elektrizität. Die Umstellung auf Elektrofahrzeuge würde auch eine Verbesserung der Luftqualität in den Städten mit sich bringen. Es wird geschätzt, dass durch die zusätzliche Emissionsreduzierung, die nötig ist, um die Erderwärmung auf 1,5°C anstatt auf 2°C zu begrenzen, die Anzahl der vorzeitigen Todesfälle durch Luftverschmutzung im Laufe dieses Jahrhunderts um 100-200 Millionen geringer ausfallen würde.

Die Summe all dieser Bemühungen führt zu bedeutenden Umstellungen von noch nie dagewesenem Ausmaß. Was in den nächsten zehn Jahren passiert, wird entscheidend sein. Angesichts der Trägheit des Weltwirtschaftssystems wird es schwierig sein, die Emissionen in der erforderlichen Größenordnung und in dem erforderlichen Tempo zu reduzieren, ohne CO₂-Abscheidungsmethoden einzusetzen. Um diese Umstellungen auch in den Entwicklungsländern zu bewerkstelligen, sind umfangreiche Investitionen erforderlich. Diese könnten durch gesetzlich vorgeschriebene Energiestandards und eine CO₂-Steuer ergänzt werden.

KURZ ZUSAMMENGEFASST

Um die globale Erwärmung bei 1,5°C zu stabilisieren, müssen wir unsere CO₂-Emissionen in den nächsten 30 Jahren auf netto-null reduzieren. Dies wird weltweit und quer durch die Gesellschaft eine große und schnelle Emissionsreduzierung erfordern, zum Beispiel durch Verhaltens- und Lebensstiländerungen. Es wird wahrscheinlich notwendig sein, Methoden zur CO₂-Abscheidung aus der Atmosphäre einzusetzen. Je mehr Maßnahmen zur Emissionsreduzierung jetzt sofort ergriffen werden, desto weniger wird es notwendig sein, diese risikanten Methoden einzusetzen.

Es werden Umstellungen bei der Erzeugung und dem Verbrauch von Energie, Rohstoffen und Nahrungsmitteln notwendig sein, ebenso bei der Landnutzung (u. a. der Landwirtschaft), dem Verkehrswesen und in der Industrie. Diese systembezogenen Umstellungen werden in ihrer Größenordnung beispiellos sein und große Investitionen erfordern.

Wir sind noch nicht auf dem richtigen Weg, um die Erderwärmung auf 1,5°C zu begrenzen. Wir steuern derzeit vielmehr auf eine Erderwärmung von 3-4°C bis 2100 zu. Die gute Nachricht ist, dass es in vielen Bereichen Bewegungen in die richtige Richtung gibt. Aber wir müssten mehr tun und schneller handeln.

D. Klimawandel und Nachhaltigkeit gleichzeitig angehen

Auch ohne Berücksichtigung des Klimawandels stehen wir in den kommenden Jahrzehnten vor gewaltigen globalen Herausforderungen. Die Zahl der in Armut lebenden Menschen wird auf 1,5 Milliarden geschätzt. Gleichzeitig wächst die Weltbevölkerung rasant, von heute 7,6 Milliarden auf voraussichtlich 8,5-10 Milliarden im Jahr 2050, und die Urbanisierung nimmt zu – die Anzahl der Stadtbewohner wird in den nächsten drei Jahrzehnten voraussichtlich um 2 Milliarden Menschen ansteigen.

Die Vereinten Nationen haben sich auf **17 Ziele für nachhaltige Entwicklung** (Sustainable Development Goals, SDGs¹) geeinigt, um die großen globalen Herausforderungen wie Armut, Hunger, Gesundheit, Bildung, Ungleichheit, Ernährungs- und Wassersicherheit, Zugang zu Energie,

wirtschaftliche Entwicklung, Frieden und Gerechtigkeit, Klimawandel und Biodiversität anzugehen.

Um diese Ziele zu erreichen (und dabei gleichzeitig den Klimawandel zu bekämpfen), müssen wir die langjährigen Verbindungen zwischen Bevölkerungswachstum und Wirtschaftswachstum durchbrechen. Seit der industriellen Revolution gehen Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum mit höheren Treibhausgasemissionen einher. Das gilt es zu überwinden, ohne dabei die Armut zu verschärfen.

Klimawandel und nachhaltige Entwicklung sind eng miteinander verknüpft und müssen gemeinsam betrachtet werden.



Die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen (2015)

¹ www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-internationales/nachhaltige-entwicklung/2030-agenda/

Im Allgemeinen sind die Länder, die am wenigsten zum Problem beigetragen haben – deren CO₂-Emissionen insgesamt also gering sind –, mit den größten Risiken konfrontiert.

Eine nachhaltige Entwicklung unterstützt und ermöglicht grundlegende gesellschaftliche und systemische Entwicklungen, die helfen, die globale Erwärmung auf 1,5°C zu begrenzen.

Eine der wichtigsten neuen Schlussfolgerungen des 1,5°C-Berichts ist, dass die **Bemühungen zur Beseitigung der Armut und zur Verringerung von Ungleichheiten mit den Bemühungen zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel übereinstimmen.**

Eine **Internationale Zusammenarbeit** ist unerlässlich, um dieses Ziel in allen Ländern und für alle Menschen im Kontext nachhaltiger Entwicklung zu erreichen, insbesondere in Entwicklungsländern und in gefährdeten Regionen.

KURZ ZUSAMMENGEFASST

Die Erderwärmung auf 1,5°C anstatt auf 2°C zu begrenzen, könnte mit der Sicherstellung einer nachhaltigeren und gerechteren Gesellschaft einhergehen – Menschen und Ökosysteme würden davon profitieren.

Ein Systemwechsel erfordert:

- höhere Investitionen in den Klimaschutz und in die Anpassung an den Klimawandel;
- Verhaltensänderungen;
- die Beschleunigung technologischer Innovationen.

Nachhaltige Entwicklung unterstützt die grundlegende gesellschaftliche und systemische Umstellung und Transformation. Eine Zusammenarbeit auf internationaler Ebene ist unerlässlich.

Für den Schulunterricht

Aufgabe Die CO₂-Reduktionsziele, die sich die Länder der Welt im Rahmen des Pariser Abkommens gesetzt haben, die sogenannten National Determined Contributions (NDCs), würden zu globalen Treibhausgasemissionen von 52–58 Gt CO₂ eq yr⁻¹ im Jahr 2030 führen.

Wie viel sind 52–58 Gt CO₂ eq yr⁻¹? (Gt CO₂ eq yr⁻¹ steht für Gigatonnen CO₂-Äquivalent pro Jahr)

Treibhausgasemissionen (Weltbank und UNFCCC): <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE> und http://di.unfccc.int/time_series

- **Was ist die Gesamtmenge der weltweiten Treibhausgasemissionen (in CO₂ eq)?** (Antwort: 53,5 Gt CO₂ eq im Jahr 2012)
- **Was ist die Gesamtmenge der Treibhausgasemissionen deines Landes (in CO₂ eq)?** (Deutschland: 0,91 Gt CO₂ eq im Jahr 2016)
- **Was sind die Treibhausgasemissionen pro Kopf für dein Land (in CO₂ eq pro Kopf)?** (Deutschland: 0,91 Gt CO₂ eq geteilt durch 82,5 Millionen Einwohner = 11,0 t CO₂ eq pro Kopf im Jahr 2016)

Aufgabe Schaue dir die NDCs (siehe vorherige Aufgabe) deines Landes an und schätze ein, ob die Ziele erfüllt oder verfehlt werden.

Frage Was ist eine Ernährung mit niedrigem CO₂-Fußabdruck?

Aufgabe Erkläre, weshalb Aufforstung und Bioenergieversorgung mit der Nahrungsmittelproduktion konkurrieren können.

Pflanzen für die Bioenergieversorgung: Mais, Palmöl, ...

Aufgabe Nenne Gründe, weshalb die Nachhaltigkeitsziele 1 (keine Armut) und 10 (Verringerung von Ungleichheiten) für die Begrenzung der globalen Erwärmung auf 1,5°C so wichtig sind.

Glossar

Anpassung

Die Anpassung an das aktuelle oder zukünftige Klima. In menschlichen Systemen zielt die Anpassung darauf ab, Schäden abzumildern und positive Auswirkungen auszunutzen. In natürlichen Systemen kann das Eingreifen des Menschen die Anpassung an das erwartete Klima erleichtern.

Anthropogene Treibhausgasemissionen

Treibhausgasemissionen, die durch menschliche Aktivitäten verursacht werden.

Biodiversität

Biodiversität, auch biologische Vielfalt genannt, bezeichnet die Vielfalt der lebenden Organismen in einem Gebiet, also zum Beispiel die Vielfalt der Arten innerhalb eines Ökosystems oder die Vielfalt innerhalb einer Art.

CO₂-Abscheidung (Carbon dioxide removal)

Auch CO₂-Sequestrierung genannt. Maßnahmen, durch die CO₂ aus der Atmosphäre entfernt wird und dauerhaft in terrestrischen oder ozeanischen Speichern oder in Produkten gespeichert wird. Die CO₂-Abscheidung umfasst Maßnahmen, die zur Vergrößerung bestehender und potenzieller biologischer oder geochemischer Senken führen, sowie Maßnahmen zur direkten Filterung von CO₂ aus der Luft und anschließender Speicherung. Die natürliche CO₂-Aufnahme, die nicht direkt auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist, gehört nicht zu den CO₂-Abscheidungsmaßnahmen.

Emissionspfade

Emissionspfade bezeichnen die verschiedenen modellierten Verläufe der globalen anthropogenen Emissionen bis zum Ende des 21. Jahrhunderts. Emissionspfade werden nach ihrem Temperaturverlauf im 21. Jahrhundert klassifiziert:

Emissionspfade, die nach aktuellen Kenntnissen mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 50% die globale Erwärmung auf unter 1,5°C begrenzen, sind „no overshoot“-Emissionspfade (Grenztemperatur wird nicht überschritten). Emissionspfade, die die Erwärmung auf unter 1,6°C begrenzen und sie bis 2100 auf 1,5°C zurückkehren lassen, sind „1,5°C limited-overshoot“-Emissionspfade (geringe Grenztemperaturüberschreitung).

Emissionspfade, bei denen die Erderwärmung über 1,6°C hinausgeht, bis 2100 aber dennoch auf 1,5°C zurückkehrt, sind „higher-overshoot“-Emissionspfade“ (höhere Grenztemperaturüberschreitung).

Globale Erwärmung

Die globale Erwärmung, oder Erderwärmung, ist der Anstieg der globalen mittleren Oberflächentemperatur im Vergleich zum vorindustriellen Wert. Sie wird über einen Zeitraum von 30 Jahren gemittelt. Diesen 30-Jahre-Zeitraum „zentriert“ man um ein bestimmtes Jahr oder Jahrzehnt.

Globale mittlere Oberflächentemperatur

Globaler Mittelwert der Lufttemperaturen an Land und über dem Meereis oder globaler Mittelwert der Lufttemperaturen über dem Meer. Die Temperaturen werden in der Nähe der Erdoberfläche gemessen. Änderungen werden als Abweichungen von einem Bezugswert angegeben. Als Bezugswert dient ein über eine 30-jährige Referenzperiode gemittelter Wert der globalen mittleren Oberflächentemperatur. Für die Bewertung von Veränderungen der globalen mittleren Oberflächentemperatur wird oft auch eine Kombination der Temperaturen an Land und über dem Ozean verwendet.

Klimaschutz

Maßnahmen zur Reduzierung der Treibhausgas-Quellen bzw. zur Vergrößerung der Treibhausgas-Senken.

Nachhaltigkeitsziele

Die Nachhaltigkeitsziele sind die Blaupause für eine bessere und nachhaltige Zukunft für alle. Sie gehen auf die globalen Herausforderungen unserer heutigen Zeit ein: Armut, Ungleichheit, Klima, Umweltzerstörung, Wohlstand, Frieden und Gerechtigkeit. Einige der Nachhaltigkeitsziele: Keine Armut (Ziel 1), kein Hunger (Ziel 2), qualitativ hochwertige Bildung (Ziel 4).

Netto-null Emissionen

Netto-null-CO₂-Emissionen werden erreicht, wenn weltweit die anthropogenen CO₂-Emissionen durch CO₂-Abscheidung ausgeglichen werden.

Temperaturüberschreitung (Overshoot)

Die vorübergehende Überschreitung eines bestimmten Grenzwertes der globalen Erwärmung.

Treibhausgase und Infrarotstrahlung

Ein Großteil der Sonnenstrahlung gelangt durch die Atmosphäre zur Erde. Die Erdoberfläche absorbiert die Sonnenstrahlung, erwärmt sich, und emittiert Wärmestrahlung, auch Infrarotstrahlung genannt. Die Infrarotstrahlung ist langwelliger als die ankommende Sonnenstrahlung und gelangt nur zu einem kleinen Teil wieder ins All. Der Rest wird in der Atmosphäre von Treibhausgasen absorbiert und wiederum teilweise zurück zur Erdoberfläche reflektiert, was die Erde zusätzlich erwärmt. Das ist der Treibhauseffekt. Treibhausgase sind zum Beispiel Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas und Ozon.

Vorindustriell

Die mehrere Jahrhunderte umfassende Zeit vor Beginn der industriellen Revolution um 1750. Für die vorindustrielle globale mittlere Oberflächentemperatur wird der Bezugszeitraum 1850-1900 gewählt.



Weiterführende Links

- Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI): [Ozeanversauerung](#), [fact sheets zum Klimawandel in den verschiedenen Regionen der Welt](#) (Arktis, Südpolarmeer, Europa, Nordsee, ...)
- [C-ROADS](#) (Climate Change Policy Simulator): Simulationsspiel, mit dem die Langzeiteffekte von Maßnahmen zur Verringerung von Treibhausgasemissionen verdeutlicht werden. Die Spieler vertreten verschiedene Länder/Regionen der Welt und verhandeln über Klimaschutzziele. Detaillierte Erklärung: [„Rollenspiel für den Klimaschutz“](#).
- [Deutscher Wetterdienst: Klima und Umwelt](#)
- Deutsches Klima-Konsortium: [Fakten und Hintergründe zum Klima](#), [Klima-FAQ](#) und [Plakat „Wie arbeitet das IPCC?“](#)
- [Hamburger Bildungsserver](#): Zahlreiche Seiten (mit sehr vielen Diagrammen) zum Thema Klimawandel
- [Informationsportal Klimawandel der ZAMG](#) (Österreichische Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik), [FAQ](#)
- IPCC-Sonderbericht „1,5°C globale Erwärmung“ – Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger
- [KEEP COOL](#): Brettspiel zum Klimawandel. Auch als Online-Version: [KEEP COOL online](#)
- [KlimafolgenOnline](#): Portal des Umweltbildungsprojekts PIKee am Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung. Auf dieser interaktiven Seite kann man die Folgen des Klimawandels in Deutschland visualisieren.
- [KlimaLounge](#): Allgemeinverständlicher Wissenschaftsblog über die aktuellen Erkenntnisse zum Klimawandel
- [Medienportal der Siemens-Stiftung](#): Experiment „Treibhauseffekt im Trinkbecher“
- [MeteoSchweiz: Klimawandel Schweiz](#)
- Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung: [Leitfaden für die Vermittlung des Themas Klimawandel im Bildungskontext](#)
- [Skeptical Science](#): Wissenschaftlicher Blog, in dem typische Argumente von Klimaskeptikern widerlegt werden
- Sonnentaler – La main à la pâte: Unterrichtsmodule „Das Klima, mein Planet und ich!“, „Biodiversität macht Schule!“
- [Umweltbundesamt: Klimafolgen und Anpassung](#)
- Video des IPCC Working Group I: [„Klimawandel 2013: Die physikalischen Grundlagen“](#)
- [Warnsignal Klima – Wissenschaftler informieren direkt](#) (Uni Hamburg)
- [Ziele für nachhaltige Entwicklung](#)



- [Climate-ADAPT \(European Climate Adaptation Platform\)](#): Beispiele für Anpassungsmaßnahmen
- [NASA Climate Kids](#)
- [National Snow & Ice Data Center \(NSIDC\)](#): Satellitenbilder und Daten zur Ausdehnung des Meereises an den Polen (wird täglich aktualisiert)
- The Conversation: [What is a pre-industrial climate and why does it matter?](#)
- [TROP ICSU \(Trans-disciplinary Research Oriented Pedagogy for Improving Climate Studies and Understanding\)](#): Ressourcen für Lehrende, um das Thema Klimawandel in den Unterricht zu integrieren, mit [konkreten Beispielen](#)
- Video of the IPCC Working Group I: [„Climate Change 2013: The Physical Science Basis“](#)



„Die Parteien sollten Maßnahmen ergreifen [...], um die Klimabildung zu verbessern“, heißt es in Artikel 12 des Klima-Abkommens von Paris. „Die heutigen und zukünftigen Generationen über den Klimawandel aufzuklären und sie zu lehren, mit kritischem Verstand und hoffnungsvollen Herzens zu handeln, ist für die Zukunft der Menschheit von entscheidender Bedeutung. Der naturwissenschaftliche Unterricht muss sich der Herausforderung stellen [...]“, so empfehlen es die 113 wissenschaftlichen Akademien der Welt in ihrer jüngsten Erklärung zu Klimawandel und Bildung.

Diesem dringenden Aufruf folgend, haben Klimawissenschaftler und Pädagogen das **Office for Climate Education** (OCE) gegründet. Lehrerinnen und Lehrer sind der Schlüssel zur Umsetzung dieser Empfehlungen. Das OCE erstellt deshalb Bildungsressourcen speziell für die Schule. Diese

Bildungsressourcen basieren auf einer aktiven Pädagogik und bauen auf bereits bestehenden Pilotprojekten auf, die forschend-entdeckendes Lernen in den Vordergrund stellen.

So wie das IPCC „Sachstandsberichte“ und „Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger“ erstellt, wird das OCE zeitgleich „Ressourcen und Werkzeuge für Lehrende“ erstellen, insbesondere zu den Themen Anpassung und Klimaschutz. Das OCE setzt einen besonderen Fokus auf Entwicklungsländer. Es arbeitet eng mit Klimawissenschaftlern, Sozialwissenschaftlern und Pädagogen zusammen.

Es hat ein Exekutivsekretariat in Paris und wird von einem globalen Netzwerk von Partnern in über 60 Ländern unterstützt. Die Lehrmaterialien werden zusammen konzipiert und anschließend vor Ort getestet und an beson-

dere Kontexte angepasst. Es gibt bereits zahlreiche Initiativen, die in diese Richtung gehen – das OCE sammelt und verbreitet diese Initiativen.

Das Office for Climate Education wurde 2018 mit Unterstützung öffentlicher und privater Mittel französischer und deutscher Partner gegründet. Das OCE wird in den kommenden Jahren seine Aktivitäten ausweiten und seine Partnerschaften ausbauen, insbesondere mit dem IPCC und dem InterAcademy Panel for Science, dem Zusammenschluss weltweiter Wissenschaftsakademien.

www.oce.global

contact@oce.global

Office for Climate Education
Sorbonne Université, Case 100
Campus Pierre et Marie Curie
4, place Jussieu
75005 Paris – Frankreich



SIEMENS | Stiftung