

DAS KLIMA IN UNSEREN HÄNDEN

# OZEAN UND KRYOSPHERE

Lehrerhandbuch für  
die Klassenstufen 5 bis 10



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



Office for  
Climate  
Education

UNDER THE AUSPICES OF UNESCO



**DAS KLIMA IN UNSEREN HÄNDEN**

# Ozean und Kryosphäre

Dieses Dokument sollte wie folgt zitiert werden: „**Das Klima in unseren Händen – Ozean und Kryosphäre, Lehrerhandbuch für die Klassenstufen 5 bis 10**“, Office for Climate Education, Paris, 2020.

#### **Koordinatoren (in alphabetischer Reihenfolge)**

Mariana Rocha (OCE, Frankreich)

David Wilgenbus (OCE, Frankreich)

#### **Autoren (in alphabetischer Reihenfolge)**

Lydie Lescarmontier (OCE, Frankreich)

Nathalie Morata (OCE, Frankreich)

Mariana Rocha (OCE, Frankreich)

Jenny Schlüpmann (Freie Universität Berlin, Deutschland)

Mathilde Tricoire (OCE, Frankreich)

David Wilgenbus (OCE, Frankreich)

Der wissenschaftliche Überblick wurde von Éric Guilyardi (Institut Pierre Simon Laplace, Frankreich) und Robin Matthews (IPCC Group 1 Team für technischen Support, Großbritannien) verfasst.

Layout und Bildgestaltung: Mareva Sacoun

Anpassung ins Deutsche: Amandine Masson und Virginie Poiivière

Übersetzung ins Deutsche: Elisabeth Reisenauer

Lektorat: Jenny Schlüpmann

Eine vollständige Liste der zahlreichen Personen, die an diesem Handbuch mitgewirkt haben – Lektorat, Vorschläge, Erprobung der Unterrichtseinheiten in Schulen usw. – ist im Abschnitt „Danksagungen“ zu finden Seite 192.

#### **Veröffentlichung**

Juni 2020

#### **Informationen**

Informationen zur Arbeit des Office for Climate Education sowie weitere Ausgaben dieses Handbuchs (englische, französische und spanische Version) sind erhältlich beim:

Office for Climate Education

Fondation La main à la pâte, 43 rue de Rennes, Paris – Frankreich

E-Mail: [contact@oce.global](mailto:contact@oce.global)

Webseite: [www.oce.global](http://www.oce.global)

#### **Copyright**

Dieses Werk wurde vom Office for Climate Education unter folgender Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht. Es darf frei verbreitet, genutzt und angepasst werden, allerdings nicht für kommerzielle Zwecke.



# DIE NOTWENDIGKEIT VON KLIMABILDUNG

Um das Klima zu schützen und uns an unausweichliche Veränderungen anzupassen, ist gemeinsames Handeln dringend erforderlich. Die Komplexität der Fragen zum Klimawandel ist eine Herausforderung für die Bildung. Gleichzeitig spielt die Bildung aber auch eine Schlüsselrolle: Sie stellt sicher, dass Schülerinnen und Schüler die erforderlichen Kenntnisse und Kompetenzen erlangen, damit sie die mit dem Klimawandel zusammenhängenden Probleme verstehen, nicht verzweifeln, handeln können und auf ein Leben in einer sich verändernden Welt vorbereitet sind.

Das Office for Climate Education (OCE) wurde 2018 gegründet, mit dem Ziel eine starke internationale Kooperation zwischen wissenschaftlichen Einrichtungen, Bildungseinrichtungen und NGOs zu fördern. Lehrende spielen bei der Klimabildung eine zentrale Rolle. Es ist daher wichtig, dass sie ausreichend Unterstützung erhalten, um die Klimawandel-Thematik effektiv in ihren Unterricht integrieren zu können. Das OCE hat bereits mehrere Bildungsmaterialien zum Klimawandel entwickelt.

## DER INHALT DIESES BILDUNGSPROJEKTES

2019 hat der Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) der Vereinten Nationen einen Sonderbericht veröffentlicht<sup>1</sup>, der unterstreicht, welche Bedeutung die Ozeane und die Kryosphäre (Eis und Schnee auf der ganzen Erde) für die Menschheit haben und wie stark sie durch den Klimawandel beeinträchtigt werden. Die vier Kernbotschaften in diesem Bericht sind:

- Der Ozean und die Kryosphäre sind für uns lebensnotwendig.
- Der Ozean und die Kryosphäre stehen unter Druck.
- Ihre Veränderungen wirken sich auf unser aller Leben aus.
- Die Zeit zu handeln ist jetzt.

Dieses Handbuch wurde vom OCE-Team und den wissenschaftlichen und pädagogischen Partnern des OCE erarbeitet.

Dieses Handbuch:

- richtet sich an 9- bis 15-jährige Schülerinnen und Schüler (Ende der Grundschule und Sekundarstufe I);
- enthält wissenschaftliche und pädagogische Hintergrundinformationen, Unterrichtspläne, Vorschläge für Aktivitäten, Arbeitsblätter sowie Verweise auf externe Materialien (Videos und Multimediaaktivitäten);
- ist interdisziplinär – die Unterrichtseinheiten umfassen Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften, Kunst und Sport;
- fördert eine aktive Pädagogik: forschend-entdeckendes Lernen, Rollenspiele, Debatten und projektbasiertes Lernen.

Das Handbuch gliedert sich in zwei Teile:

### TEIL 1 WIR VERSTEHEN

Dieser Abschnitt umfasst fünf Unterrichtseinheiten, die den Schülerinnen und Schülern helfen sollen, die Auswirkungen des Klimawandels zu verstehen. Er hebt die Bedeutung des Ozeans und der Kryosphäre bei der Regulierung des Klimas und der Bereitstellung wichtiger Ressourcen und Dienstleistungen hervor, und stellt dar, wie diese Dienstleistungen durch den Klimawandel gefährdet sind. Die Unterrichtseinheiten geben den Schülerinnen und Schülern unter anderem die Gelegenheit, über die Wichtigkeit schnellen Handelns nachzudenken.

### TEIL 2 WIR HANDELN

Dieser Abschnitt umfasst drei detailliert beschriebene Projekte, die Schüler bzw. Schulen umsetzen könnten, um einen konkreten Beitrag zum Klimaschutz zu leisten, sowie Ideen für weitere Projekte.

Die Unterrichtseinheiten sind so konzipiert, dass Lehrende einzelne Einheiten auswählen können, die für ihre speziellen Bedürfnisse oder ihren Kontext passend sind. Wir raten den Lehrenden jedoch, eine Balance zwischen den zwei Teilen zu wahren: Schüler werden in der Regel keine durchdachten und effektiven Klimaschutzaktionen durchführen können, ohne die Hintergründe des Klimawandels genau verstanden zu haben. Angesichts der Dringlichkeit des Problems reicht es auch nicht aus, den Klimawandel zu verstehen, aber keine Gelegenheit zu haben, sich aktiv für Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel einzusetzen.

Wir hoffen, dass dieses Handbuch Lehrende inspiriert und dabei unterstützt, eine kreative und wirksame Klimabildung umzusetzen.

<sup>1</sup> [www.ipcc.ch/report/srocc](http://www.ipcc.ch/report/srocc)



# INHALT

## Für Lehrende

### 7 WISSENSCHAFTLICHER ÜBERBLICK

Einleitung; Was ist das Klima und warum verändert es sich?; Der Ozean und die Kryosphäre sind wichtig für uns; Das Klima verändert sich schnell – durch menschliches Einwirken; Der Ozean und die Kryosphäre verändern sich aufgrund des Klimawandels; Das hat Auswirkungen auf uns; Wir können handeln, um das Klima zu schützen und uns an den Klimawandel anzupassen; Zusammenfassung

### 27 PÄDAGOGISCHER ÜBERBLICK

Verschiedene Perspektiven auf den Klimawandel; Wie ist dieses Handbuch zu verwenden?; Unterrichtsinhalte auswählen: Tipps und Handlungsstrang; Klimawandel aktiv unterrichten: forschendes und projektbasiertes Lernen

## Unterrichtsplan

### 35 TEIL I WIR VERSTEHEN

Abschnitt A – Was ist der Klimawandel? .....	38
Unterrichtsstunde A1 – Klima und Wetter; Unterrichtsstunde A2 – Belege für den Klimawandel	
Abschnitt B – Was ist der Ursprung des Klimawandels? .....	56
Unterrichtsstunde B1 – Den Treibhauseffekt verstehen – mit einer Analogie; Unterrichtsstunde B2 – Der Treibhauseffekt: Rollenspiel; Unterrichtsstunde B3 – Menschen und Treibhausgase	
Abschnitt C – Welche Folgen hat der Klimawandel für den Ozean und die Kryosphäre? .....	70
Unterrichtsstunde C1 – Tauende Kryosphäre und steigender Meeresspiegel; Unterrichtsstunde C2 – Wärmeausdehnung des Ozeans und Anstieg des Meeresspiegels; Unterrichtsstunde C3 – Die „weiße“ Kryosphäre und ihre Albedo; Unterrichtsstunde C4 – Ozeanversauerung; Unterrichtsstunde C5 – Meeresströmungen regulieren das Klima (für fortgeschrittene Schüler); Unterrichtsstunde C6 – Die thermische Trägheit des Ozeans (für fortgeschrittene Schüler)	
Abschnitt D – Warum sind der Ozean und die Kryosphäre wichtig für uns? .....	99
Unterrichtsstunde D1 – Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemdienstleistungen; Unterrichtsstunde D2 – Nahrungsnetze und Ökosysteme; Unterrichtsstunde D3 – Der Mensch, der Ozean und die Kryosphäre	
Abschnitt E – Was können wir tun? .....	132
Unterrichtsstunde E1 – Berechnung unseres CO <sub>2</sub> -Fußabdrucks; Unterrichtsstunde E2 – Klimagerechtigkeit: Debatte; Unterrichtsstunde E3 – Klimagerechtigkeit: Rollenspiel; Unterrichtsstunde E4 – Weltweite Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und zum Klimaschutz	

### 155 TEIL II WIR HANDELN

Anpassungsprojekt – Einen Strand vor dem Klimawandel schützen .....	158
Klimaschutzprojekt – Einen Pedibus einrichten .....	172
Aufklärungsprojekt – Wissenschaft auf der Bühne .....	179
Do It Yourself – Projektideen .....	180

## Rund um das Buch

### 184 WEITERE MULTIMEDIA-RESSOURCEN

### 188 BIBLIOGRAFIE

### 190 GLOSSAR

### 192 DANKSAGUNGEN

### 193 QUELLENANGABEN





**WISSENSCHAFTLICHER ÜBERBLICK**  
FÜR LEHRENDE



# WISSENSCHAFTLICHER ÜBERBLICK

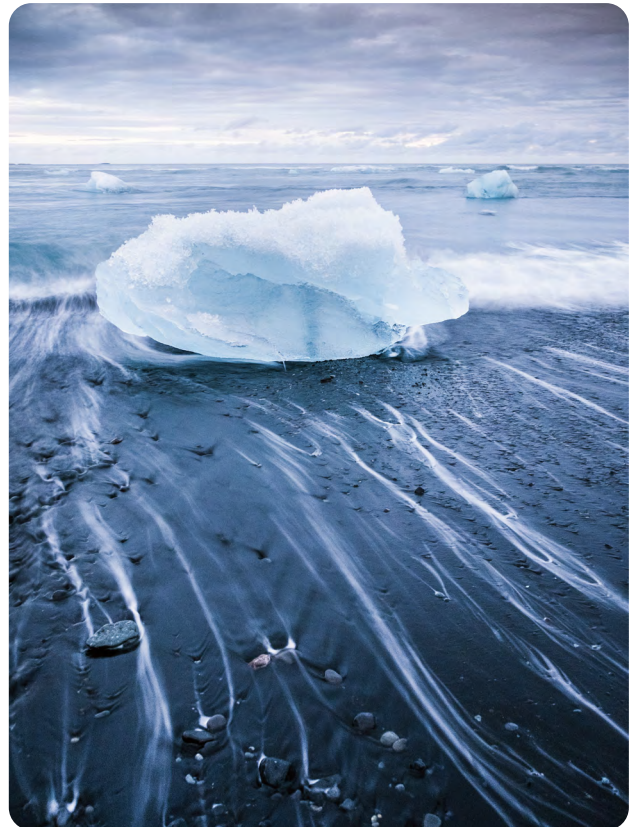
## Einleitung

Der folgende Überblick bezieht sich auf den „Sonderbericht über den Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima“ (englische Abkürzung: SROCC), der von zahlreichen wissenschaftlichen Expertinnen und Experten erstellt und im September 2019 vom Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) der Vereinten Nationen veröffentlicht wurde ([www.ipcc.ch/report/srocc](http://www.ipcc.ch/report/srocc) und [www.de-ipcc.de/252.php](http://www.de-ipcc.de/252.php)). Es soll hier ein kurzer Überblick über die wichtigsten Themen und Konzepte gegeben werden, um die sich der beiliegende Unterrichtsplan dreht. Die Informationen in diesem Kapitel stammen aus dem SROCC-Sonderbericht, sofern nicht anders angegeben.

Der Ozean und die Kryosphäre (Eis und Schnee auf unserem Planeten) reichen von den höchsten Berggipfeln bis zum Meeresboden, und von den warmen, feuchten Tropengebieten bis zu den kalten, trockenen Polen. Einst hielt man diese Gebiete für zu weitläufig und fern gelegen, als dass Menschen je darauf Einfluss haben könnten. **Heute sehen wir jedoch rasante Veränderungen im Ozean und der Kryosphäre, verursacht durch vom Menschen ausgestoßene Treibhausgase** und andere menschengemachte Faktoren. Diese Veränderungen wirken sich sowohl auf Menschen als auch auf Ökosysteme aus.

Das Kapitel gliedert sich in sechs Unterkapitel:

1. Was ist das Klima und warum verändert es sich?
2. Der Ozean und die Kryosphäre sind wichtig für uns
3. Das Klima verändert sich schnell – durch menschliches Einwirken



Diamond Beach, Island

4. Der Ozean und die Kryosphäre verändern sich aufgrund des Klimawandels
5. Das hat Auswirkungen auf uns
6. Wir können handeln, um das Klima zu schützen und uns an den Klimawandel anzupassen

## Was ist das Klima und warum verändert es sich?

### KLIMA UND KLIMASCHWANKUNGEN

**Das Klima beschreibt das durchschnittliche Wetter** über Monate, Jahre, Jahrzehnte, Jahrhunderte oder noch längere Zeiträume. In den Tropen erwarten wir,

dass es warm und feucht ist (Tropenklima), obwohl diese durchschnittliche Situation von Tag zu Tag etwas anders ist (das Wetter). Geografie hilft, die unterschiedlichen Klimazonen der Welt zu erklären. Das globale Klimasystem ist aber umfassender: Es ist eine dyna-

mische Einheit, in der ständig Energie, Wasser, Kohlenstoff und andere Elemente zwischen Atmosphäre, Ozean, Kryosphäre, Landoberfläche und Lebensformen ausgetauscht werden.

**Sonnenenergie ist der wesentliche Antrieb des Klimasystems.** Weil die Erde eine Kugel ist, ist die Ener-

gie der Sonnenstrahlung nicht gleichmäßig über den Planeten verteilt. Die Tropen erhalten durchschnittlich mehr Energie als die Pole (siehe Abb. 1). Die Atmosphäre und der Ozean sorgen für ein stabiles Klima und transportieren als Klimaregulatoren diese zusätzliche Energie von den Tropen in Richtung der Pole.

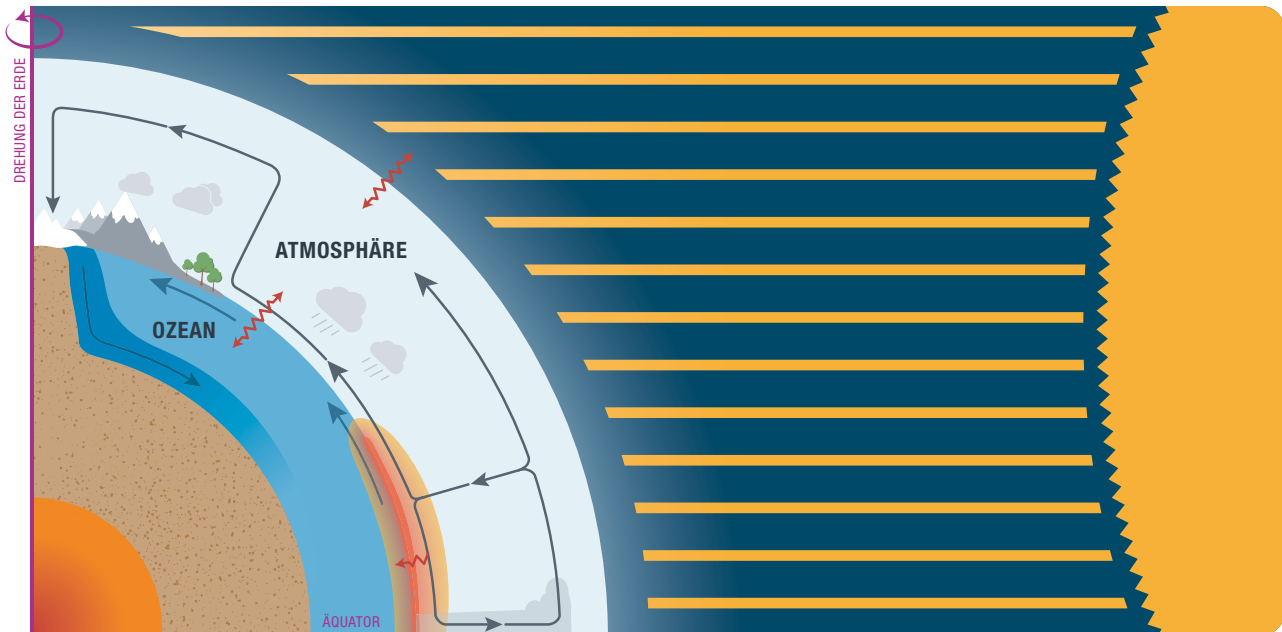


Abb. 1: Die Energie der Sonne trifft auf das Klimasystem der Erde. Es gelangt nicht überall gleich viel Sonnenenergie auf die Erde.

Obwohl beide zu diesem Energietransport beitragen, machen Ozean und Atmosphäre dies auf sehr unterschiedliche Art und Weise:

- Die langsamen aber starken Meeresströmungen, gepaart mit der thermischen Trägheit des Wassers (Wasser gibt Wärme nur langsam ab), treiben den Energietransport in den Tropen an.
- Die Atmosphäre gibt Wärme schneller ab, allerdings sind ihre „Strömungen“ (d. h. Winde) schneller und besonders effizient beim Energietransport von den Tropen hin in Richtung der Pole. Die von der Atmosphäre und der Erdoberfläche empfangene Sonnenenergie wird schließlich als Infrarotstrahlung wieder ins Weltall abgegeben. So entsteht ein globales Gleichgewicht zwischen eingehender Energie (Sonnenstrahlung) und abgehender Energie (Infrarotstrahlung). Infrarotstrahlung ist jene Strahlung, die von einem erwärmten Körper abgegeben wird (in diesem Fall die durch die Sonne erwärmte Erdoberfläche).

Damit Wissenschaftler Klimaveränderungen und deren Ursachen feststellen können, müssen sie zuerst die Mechanismen verstehen, die das Klima beeinflussen. **Das Klima verändert sich aufgrund externer und interner Ursachen.**

#### EXTERNE URSACHEN

Es gibt drei wesentliche Auslöser für externe Klimaschwankungen:

- **Veränderungen der auf die Erde treffenden Sonnenenergie** (aufgrund von Sonnenflecken oder Abweichungen der Umlaufbahn der Erde). Die Jahreszeiten sind ein Beispiel für Klimaschwankungen aufgrund der sich ändernden Menge an Sonnenstrahlung, die ein Ort im Laufe des Jahres erhält.
- **Vulkanausbrüche auf der Erde.** Gewaltige Eruptionen bringen Aerosole (kleine Partikel) in die obere Atmosphäre. Wie eine Art Sonnenschirm blocken die Aerosole die Sonnenstrahlung ab, so dass es auf dem Planeten einige Jahre lang kühler wird.
- **Treibhausgasemissionen.**

Treibhausgase sind Gase in der Atmosphäre, die für die sichtbare Sonnenstrahlung weitgehend transparent sind, nicht aber für die von der Erdoberfläche abgegebene Infrarotstrahlung. Diese Gase (Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas, ...) **fangen die Infrarotstrahlung ein und schicken einen Teil davon auf die Erdoberfläche zurück – und wärmen so die untere Atmosphäre und die Erdoberfläche.** Dieses Phänomen ist als **Treibhauseffekt** bekannt. Der natürliche Treibhauseffekt ist für das Leben auf der Erde wesentlich – ohne den Treibhauseffekt würde die Durch-

schnittstemperatur auf dem Planeten bei  $-18^{\circ}\text{C}$  anstatt bei  $+15^{\circ}\text{C}$  liegen. Menschen erhöhen jedoch die Treibhausgasmenge in der Atmosphäre, vor allem durch die Freisetzung von Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas, und verursachen dadurch den menschengemachten (anthropogenen) Treibhauseffekt, der die Ursache des Klimawandels ist. Dies ist eine für das Klimasystem externe Ursache.

### INTERNE URSACHEN

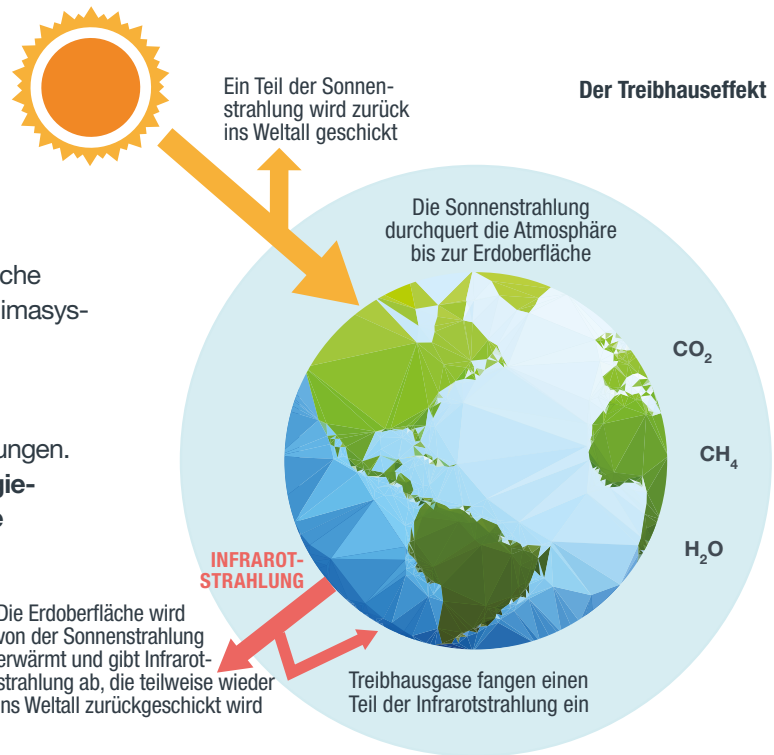
Das Klima unterliegt auch internen Schwankungen. **Diese Schwankungen sind auf den Energieaustausch zwischen Ozean, Atmosphäre und Kryosphäre zurückzuführen.** Das El-Niño-Phänomen ist die Hauptursache für interne Schwankungen (siehe Kasten auf der nächsten Seite). Ein El-Niño-Ereignis beginnt ursprünglich im tropischen Pazifik, es hat allerdings Auswirkungen auf den Großteil des Planeten. Veränderungen der Meeresströmungen können über Jahrzehnte hinweg das regionale Klima verändern. Ein kälterer Nordatlantik in den 1970ern und 1980ern zum Beispiel führte zu Dürrekatastrophen in der Sahelzone (südlich der Sahara).

## DIE SPEZIFISCHE ROLLE DES OZEANS

**Der Ozean spielt im Klimasystem eine Hauptrolle. Seine Fähigkeit, große Mengen an Wärme (thermischer Energie) zu speichern, ist enorm.** Die oberen 2 bis 3 Meter der Ozeanoberfläche enthalten genauso viel thermische Energie wie die gesamte Atmosphäre. Deshalb hat der Ozean einen bedeutenden Einfluss auf das Klimasystem, und das über die Jahreszeiten und Jahrhunderte hinweg. Er reguliert die Temperatur auf dem Planeten und sorgt dafür, dass interne Klimaschwankungen langsam ablaufen.

**Meeresströmungen** spielen eine wichtige Rolle bei der Regulierung des Klimas und tragen zum Leben im Ozean bei, indem sie Wärme, Kohlenstoff, Sauerstoff und Nährstoffe durch den Ozean zirkulieren lassen.

**Der Ozean enthält eine bedeutende Menge an Kohlenstoff.** Derzeit speichert er etwa 38000 Gigatonnen (Gt) an Kohlenstoff (1 Gigatonne = 1000000000 Tonnen), also etwa 16-mal mehr als alle Pflanzen an Land samt der darunterliegenden Böden und ungefähr 60-mal mehr als die Atmosphäre. Der Ozean tauscht große Mengen an Kohlenstoff mit dem Rest des Klimasystems aus: Ungefähr 100 Gt Kohlenstoff werden pro Jahr über die Wasser-Luft-Grenzfläche ausgetauscht. Im Ozean wird die Kohlenstoffverteilung durch zwei Kohlenstoff-„Pumpen“ kontrolliert, eine physikalische und eine biologische. Beide befördern Kohlenstoff von



der Oberfläche in die tieferen Bereiche. Die physikalische Pumpe funktioniert, weil kalte Wassermassen, die Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) aus der Atmosphäre aufgenommen haben, in die Tiefe absinken. Die zweite Pumpe ist biologisch: Meerespflanzen (wie etwa Phytoplankton) nehmen durch Photosynthese  $\text{CO}_2$  auf, wie auch Pflanzen an Land dies tun. Ein Teil der organischen Materie, die durch diesen Prozess entsteht, sinkt tief in den Ozean ab.

## DIE SPEZIFISCHE ROLLE DER KRYOSPHERE

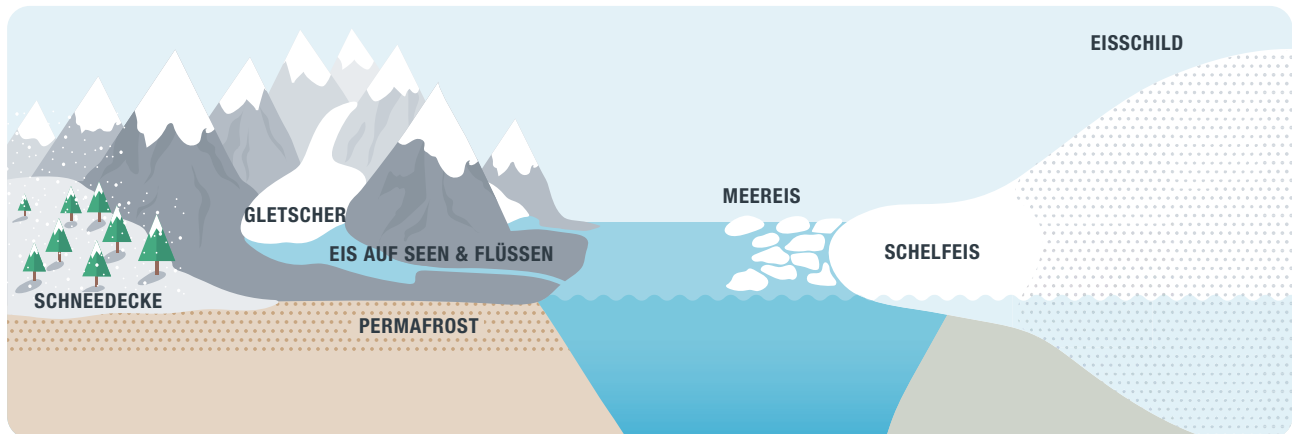
**Die Kryosphäre besteht aus Eis und Schnee in unterschiedlichen Formen:**

- Im Ozean: Meereis – das ist Eis, das auf dem Ozean treibt und aus gefrorenem Meerwasser besteht.
- Auf den Kontinenten: Gletscher an Land, die beiden Eisschilde (Grönland und die Antarktis), Permafrost (dauerhaft gefrorener Boden), jahreszeitenbedingter Schnee an Land sowie gefrorene Seen und Flüsse. Gletscher und Eisschilde entstehen durch die langsame Anhäufung von Schnee, der sich im Laufe der Zeit zu Eis verdichtet und sich dann sehr langsam talwärts bewegt. Die Eisschilde auf Grönland und der Antarktis sind an manchen Stellen mehrere Kilometer dick. Wenn ein Eisschild bis zur Küste reicht, können sich in der Verlängerung des Eisschilds auf dem Ozean dicke Eismassen bilden, die noch mit dem Festland verbunden sind. Dies ist das sogenannte Schelfeis.

**Die Kryosphäre beeinflusst das Klima auf unterschiedliche Weise.** Erstens ist sie Teil des weltweiten Wasserkreislaufs und macht drei Viertel des Süßwasservorkommens auf dem Planeten aus. Zweitens wirken

Eis und Schnee aufgrund ihres **hohen Reflexionsvermögens** (auch Albedo genannt) als eine Art „Spiegel“: Sie reflektieren einen Großteil der Sonnenstrahlung zurück ins Weltall. Drittens **trägt** das Meereis an den Polen,

wenn es sich bildet oder schmilzt, **zur Ozeanzirkulation bei**, indem es den Salzgehalt des Meerwassers beeinflusst. Schlussendlich ist **Permafrost ein wichtiger Bestandteil des weltweiten Kohlenstoffzyklus**.



Die Bestandteile der Kryosphäre – Anpassung von Abb. 4.25 des Berichts der IPCC-Arbeitsgruppe I AR5 (2013)

## EL NIÑO, DAS „WILDE KIND DES PAZIFIKS“

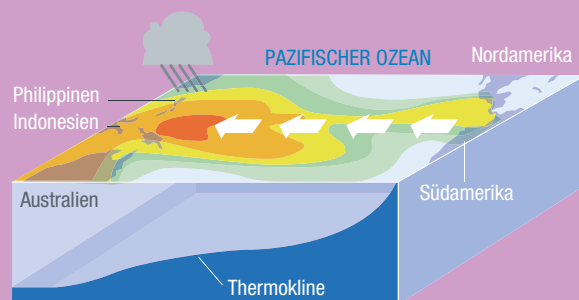
In manchen Jahren kommt es zu einer ungewöhnlichen Erwärmung im zentralen bis östlichen tropischen Pazifik. Ein solches El-Niño Ereignis kommt alle paar Jahre vor; in den letzten Jahrzehnten gab es mehrere davon – ein starkes El-Niño-Ereignis gab es zum Beispiel 1997/1998, und das letzte 2015/2016.

El Niño findet aufgrund eines anomalen Energieaustausches zwischen Ozean und Atmosphäre statt (siehe Abbildungen): Die nach Westen wehenden Passatwinde, die für gewöhnlich die tropischen Gewässer rund um Indonesien warmhalten, nehmen plötzlich ab. Dadurch erwärmt sich das Wasser im östlichen Pazifik und schwächt die Passatwinde noch weiter ab, bzw. kehrt diese sogar um. Der Name El Niño ist auf peruanische Fischer zurückzuführen, die jährlich eine warme Strömung bemerkten, die für gewöhnlich nur um die Weihnachtszeit auftrat (deshalb El Niño, das Kind), aber manchmal das ganze Jahr über anhält.

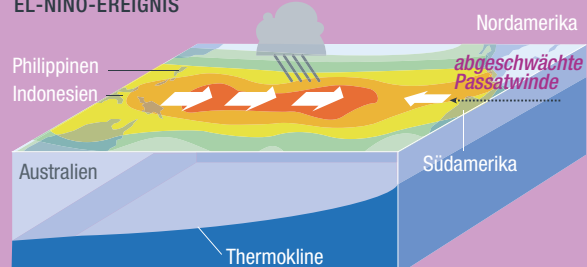
El Niño hat bedeutende Auswirkungen auf die Menschen und die Umwelt. Bei einem El-Niño-Ereignis verändern sich Wind- und Regenverhältnisse, und das bereitet Menschen in vielen Regionen in oder um den tropischen Pazifik Sorgen. Vor den Küsten Perus und Chiles muss der sonst ertragreiche Fischfang während El Niño unterbrochen werden, da die Nährstoffe des kalten Tiefenwassers nicht mehr an die Oberfläche kommen – den

Fischen fehlt die Nahrung. Im Westpazifik ziehen starke Regenschauer weiter nach Osten und verursachen Dürrekatastrophen in Indonesien, auf den Philippinen und in Australien. Sommermonsune, von denen die Hälfte der Weltbevölkerung abhängig ist, werden gestört, vor allem in China, Indien, Australien, der Sahelzone und Brasilien. Diese erheblichen Auswirkungen von El-Niño-Ereignissen können Wissenschaftler inzwischen mithilfe saisonaler Prognosen Monate im Voraus vorhersagen.

### NORMALE BEDINGUNGEN



### EL-NIÑO-EREIGNIS



# Der Ozean und die Kryosphäre sind wichtig für uns

Der Ozean und die Kryosphäre bedecken einen großen Teil der Erde, sind reich an Ressourcen und für uns Menschen lebenswichtig. **Sie bieten uns Vieles, sowohl Materielles als auch Immaterielles**, von Nahrung bis hin zu Erholung.

## GEOGRAFIE DES OZEANS UND DER KRYOSPHÄRE

**Der Ozean bedeckt ungefähr zwei Drittel der Erdoberfläche**, deshalb meinen manche, unser Planet solle besser „Ozean“ anstatt „Erde“ heißen. Auch wenn die Ozeanoberfläche einheitlich zu sein scheint, variieren Temperatur, Salzgehalt, Farbe und Biologie je nach geografischer Lage. Korallenriffe und Mangroven haben ihren Lebensraum im warmen tropischen Küstenwasser, wohingegen Meereis und im Eis lebende Algen in der Nähe der Pole zu finden sind. Seegras (grasähnliche Pflanzen) wächst entlang sämtlicher Küsten, mit Ausnahme der Polarmeere<sup>1</sup>.

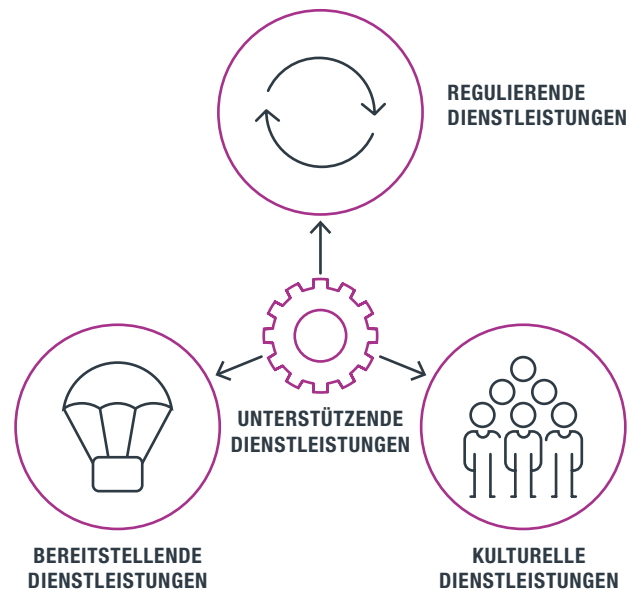
**Die Kryosphäre bedeckt ebenfalls einen beträchtlichen Teil der Erde. Die Eismassen der Antarktis und Grönlands zusammengenommen bedecken 10% der Festlandoberfläche der Erde<sup>2</sup>. Dazu kommen knapp 200000 Gletscher weltweit<sup>3</sup>**, inklusive jener in den Tropen (wo es in den Höhenlagen trotz des Tropenklimas kalt ist). Hinzu kommt, dass sich unter ungefähr einem Viertel der Landoberfläche in der nördlichen Hemisphäre Permafrost (ständig gefrorener Boden) befindet<sup>4</sup>. Manche Teilbereiche der Kryosphäre verändern sich je nach Jahreszeit. Zwei Beispiele: Jeden Winter bedeckt Schnee rund ein Drittel des Festlands in der nördlichen Hemisphäre (jahreszeitenbedingter Schnee); die von Meereis bedeckte Fläche in der Arktis und in der Antarktis vergrößert sich jeden Winter und verkleinert sich jeden Sommer.

Mensch und Tier leben am und vom Ozean und in der Kryosphäre. Viele Metropolen rund um die Welt, wie etwa Tokyo, Bangkok und New York, liegen an der Küste. 2010 lebten etwa **30% der Weltbevölkerung nicht weiter als 100 km vom Ozean entfernt. Ungefähr 10% der Weltbevölkerung leben im Hochgebirge**, und etwa vier Millionen Menschen, vor allem Ureinwohner, in der Arktis. Im Gegensatz zur Arktis ist

die Antarktis durch ein internationales Abkommen geschützt und kann lediglich besucht werden (etwa von Wissenschaftlern, Entdeckern oder Touristen). Es gibt dort keine ständigen Bewohner.

## WAS DER OZEAN UND DIE KRYOSPHÄRE BIETEN

Die Ressourcen und Dienstleistungen, die der Ozean und die Kryosphäre uns bieten, lassen sich in verschiedene **Ökosystemdienstleistungen** einteilen. Es gibt vier Arten von Dienstleistungen: **regulierende, bereitstellende, kulturelle und unterstützende**.



### REGULIERENDE DIENSTLEISTUNGEN

Wir haben bereits gesehen, wie Ozean und Kryosphäre **zur Regulierung des globalen Klimas beitragen**, indem sie mit dem Energiehaushalt und den Kohlenstoffzyklen der Erde interagieren. Dies sind regulierende Dienstleistungen, zu denen etwa auch der Schutz zählt, den Korallenriffe und Mangrovenwälder den Küsten bieten.

### BEREITSTELLENDEN DIENSTLEISTUNGEN

Der Ozean und die Kryosphäre bieten bereitstellende Dienstleistungen, wie etwa **Nahrung, Wasser und Energie**. Fischfang ist weltweit eine wichtige Nah-

1 Short et al. (2007): Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model

2 Kapitel 4, WG1, IPCC-Bericht AR5: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

3 Pfeffer et al. (2014): The Randolph Glacier Inventory: a globally complete inventory of glaciers

4 Gortnitz, V. (2019): Vanishing Ice: Glaciers, Ice Sheets and Rising Seas



Die Wechselwirkungen zwischen zahlreichen Tier- und Algenarten sorgen für **ein gesundes Korallenriff-Ökosystem**.

ahrungsmittelquelle: Fisch und Meeresfrüchte machen über 50% der tierischen Proteine aus, die in vielen der am wenigsten entwickelten Länder konsumiert werden<sup>5</sup>. Der Ozean liefert außerdem erneuerbare Energie in Form von Wellen- und Gezeitenkraft, zusätzlich zu Erdöl, Erdgas und Mineralien im Meeresboden. Gletscher versorgen Flussgebiete mit Wasser, das zum Trinken, zur Bewässerung oder für Wasserkraftwerke genutzt werden kann. Ungefähr 800 Millionen Menschen<sup>6</sup> sind teilweise vom abfließenden Wasser der Himalaya-Gletscher abhängig. **Transport** ist eine weitere Art der bereitstellenden Dienstleistungen: Im Winter stellen gefrorene Flüsse in der Arktis ein Transportnetzwerk bereit (Eisstraßen), und der Großteil der Waren wird auf unserem Planeten über den Ozean verschifft.

#### KULTURELLE DIENSTLEISTUNGEN

Zu den kulturellen Dienstleistungen zählen Dienstleistungen im Zusammenhang mit dem **Fischereigewerbe**, mit Freizeit und Tourismus (z. B. Wassersport, Strände, ...), mit **lokalen Traditionen und Kulturen oder religiösen Überzeugungen**, beispielsweise rund um Hochgebirgsgletscher.

#### UNTERSTÜTZENDE DIENSTLEISTUNGEN

Unterstützende Dienstleistungen unterstützen die **drei anderen Arten von Dienstleistungen**. Dazu zählen die **Primärproduktion** (z. B. Phytoplankton als

Nahrungsquelle und Teil der Nahrungsketten im Ozean), der **Nährstoffkreislauf** und die **Bodenbildung**.

### ARTENVIELFALT

Wie die unterstützenden Dienstleistungen, zählen auch die Artenvielfalt sowie deren Netzwerke zu den Ökosystemdienstleistungen, da sie zu einem gut funktionierenden Ökosystem beitragen. **Ökosysteme mit hoher Artenvielfalt (hoher Biodiversität) sind auch widerstandsfähiger dem Klimawandel gegenüber**<sup>7</sup>.

**Der Ozean weist eine sehr hohe Artenvielfalt auf** und beherbergt zahlreiche der 35 weltweit ausgewiesenen Biodiversitäts-Hotspots. Mikroskopische, einzellige Algen – das Phytoplankton – bilden die Basis der meisten Nahrungsnetze im Meer und werden durch (meist mikroskopische) Lebewesen – das Zooplankton – gefressen. An der Spitze dieser Nahrungsnetze stehen Haie sowie Meeressäuger wie etwa Seehunde oder Wale, von denen einige große Strecken im Ozean zurücklegen. Die Artenvielfalt ist wichtig für ein funktionierendes Ökosystem, und jedes Ökosystem verfügt über seine eigenen spezifischen Organismen. In Korallenriffen findet man, außer Korallen, Algen, Würmer, Mollusken, Schwämme, Seeigel und Fische. Kelpwälder sind eine Art Kaltwasser-Küstenökosystem, in denen Seetang (Makro-

5 <http://www.fao.org/fishery/topic/16603/en>

6 <https://www.aaas.org/news/spy-satellites-reveal-himalayan-ice-loss-has-doubled-2000>

7 Epple and Dunning (2014). Ecosystem resilience to climate change: What is it and how can it be addressed in the context of climate change adaptation? UNEP - WCMC

algen) wächst. Kelpwälder bieten einer Vielzahl von Organismen Nahrung und Lebensraum. Unser Wissen über die Artenvielfalt im Ozean nimmt zwar sehr schnell zu – jedes Jahr werden Tausende neue Arten

entdeckt<sup>8</sup> –, es ist aber auch begrenzt. Meeresbiologinnen und Meeresbiologen schätzen, dass Hunderttausende Arten nach wie vor unbekannt sind.

## Das Klima verändert sich schnell – durch menschliches Einwirken

### DURCH MENSCHLICHE AKTIVITÄTEN WERDEN TREIBHAUSGASE AUSGESTOSSEN, DIE ZU EINER GLOBALEN ERWÄRMUNG FÜHREN

Die Physik der Treibhausgase ist seit Jahrzehnten genau bekannt: **Wenn wir die Konzentration dieser Gase in der Atmosphäre erhöhen, wird die thermische Energie in der Nähe der Erdoberfläche größer, was zur Erderwärmung führt.** Menschliche Aktivitäten beeinflussen die Konzentration der Treibhausgase auf zwei Arten:

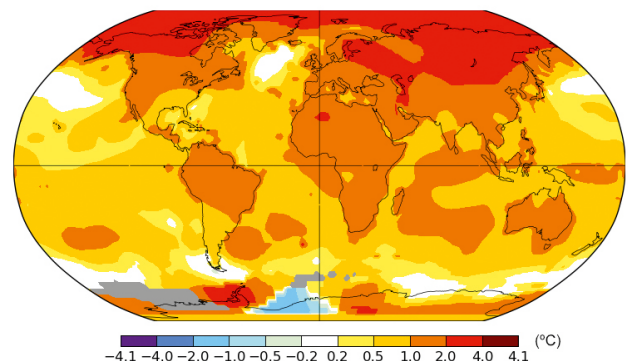
- indem fossile Brennstoffe (Kohle, Erdöl und Erdgas) aus der Erde gefördert und anschließend verbrannt werden ( $C + O_2 \rightarrow CO_2$ );
- indem Wälder gerodet werden – was das natürliche  $CO_2$ -Speicherungsvermögen der Wälder reduziert. Auch eine veränderte Landnutzung führt dazu, dass weniger  $CO_2$  aufgenommen wird.

Im Laufe der letzten Million Jahre lag die  $CO_2$ -Konzentration in der Atmosphäre zwischen 180 ppm und 280 ppm (1 ppm = 1 part per million = 1 Gasteilchen auf 1000000 Gasteilchen)<sup>9</sup>, wobei die niedrigeren Werte den Eiszeiten (kalte Zeitabschnitte) zuzuordnen sind und die höheren Werte den Warmzeiten (warme Zeitabschnitte). Unser Planet befindet sich seit ungefähr 10000 Jahren in einer Warmzeit und in nur 150 Jahren hat sich die  $CO_2$ -Konzentration in der Atmosphäre um mehr als 40% erhöht und liegt nun bei 410 ppm (2019)<sup>10</sup>!

Die Hauptursache für diesen rasanten Anstieg lässt sich **direkt auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe** zurückführen, die mit der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert begann und dann rasant zunahm. Im gleichen Zeitraum stieg der Methangehalt um 160% und der Lachgasgehalt um 20%. Zu den auf den Menschen zurückzuführenden Methan-

quellen zählen etwa die Verdauung von Rindern, der Reisanbau oder Lecks bei der Förderung von Erdöl oder Erdgas. Lachgas entsteht vor allem durch die Nutzung von synthetischen Stickstoffdüngern und das Ausbringen von Gülle in der Landwirtschaft.

Als Folge dieser erhöhten Treibhausgaskonzentration **ist die globale Temperatur des Planeten zwischen dem vorindustriellen Zeitalter und 2018 um ungefähr 1°C angestiegen**<sup>11</sup>. Wissenschaftler schätzen, dass unsere direkten  $CO_2$ -Emissionen, unsere Methanemissionen und Veränderungen in der Landnutzung (z. B. Entwaldung) jeweils für 70%, 20% und 10% der globalen Erwärmung verantwortlich sind.



**Globale Erwärmung in Grad Celsius: Veränderungen der Oberflächentemperatur von 1950 bis 2018.** Quelle: NASA-GISS: [https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/index\\_v4.html](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/index_v4.html)

8 Weltregister der marinen Arten – <http://www.marinespecies.org/index.php>

9 [https://climate.nasa.gov/climate\\_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/24/graphic-the-relentless-rise-of-carbon-dioxide/)

10 <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

11 IPCC-Sonderbericht „1,5°C globale Erwärmung“: <https://www.ipcc.ch/sr15>

## DER OZEAN UND DIE KRYOSPHERE VERLANGSAMEN DIE GLOBALE ERWÄRMUNG

Von den 40 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>, die heutzutage jährlich durch menschliche Aktivitäten ausgestoßen werden, bleiben weniger als 50% in der Atmosphäre.<sup>12</sup> Der Rest wird zu mehr oder weniger gleichen Teilen von der Landvegetation (die dadurch mehr wächst) und dem Ozean aufgenommen. Ohne diese beiden „Kohlenstoffsinken“ würde die globale Erwärmung bereits weit über 1°C liegen. Der Ozean entzieht nicht nur der Atmosphäre menschengemachtes CO<sub>2</sub>, sondern verlangsamt die globale Erwärmung auch auf eine andere Art: Dank seiner enormen Wärmekapazität **hat der Ozean über 90% der überschüssigen Wärme aufgenommen**, die durch die globale Erwärmung entstanden ist, und hat sie dadurch der Atmosphäre entzogen. Auch wenn diese beiden Dienstleistungen des Ozeans ihr Gutes haben, gehen auch negative Folgen damit einher. Wie im nächsten Abschnitt genauer beschrieben wird, führt dies zu einem Anstieg der Ozeantemperatur, zur Versauerung des Ozeans sowie zum Anstieg des Meeresspiegels.

## DIE VERÄNDERUNG DER ALBEDO DER KRYOSPHERE VERSTÄRKT DIE GLOBALE ERWÄRMUNG

In der von Eis bedeckten Arktis lässt sich die vergleichsweise schnellere Erwärmung durch eine **positive Rückkopplung** erklären: Wenn die Temperaturen ansteigen, schmelzen Eis und Schnee und der „Spiegeleffekt“ (ins Weltall zurückgesandte Sonnenstrahlung) nimmt ab. Der dunklere Ozean nimmt mehr thermische Energie auf, was wiederum die Erwärmung und das Schmelzen beschleunigt. Auch in Gletschergebieten und schneebedeckten Berggebieten gibt es eine solche Rückkopplung. Eine weitere Folge des schmelzenden Meereises ist die höhere Feuchtigkeit der Luft: Auch das beschleunigt die Erwärmung des Arktischen Ozeans. **Etwa 1% der durch die globale Erwärmung entstehenden zusätzlichen thermischen Energie wird für das Schmelzen von Gletschern und Eisschilden aufgewendet – und wird der Atmosphäre somit entzogen.**

## DIE ERWÄRMUNG IST NICHT ÜBERALL GLEICH

Wie sich anhand der Verteilung der globalen Erwärmung auf dem Planeten erkennen lässt (siehe Abbildung auf der vorherigen Seite), steigt die Temperatur außerhalb der Tropen stärker an: Die Arktis erwärmt sich fast doppelt so schnell wie die Erde insgesamt. Verglichen mit dem Meer hat das Land eine geringere Wärmekapazität; die thermische Energie wird nicht besonders effizient in tiefere Erdschichten transportiert, deshalb erwärmt sich die Landoberfläche mehr. Wir erleben diesen Effekt in den gemäßigten Breiten im Sommer: Die Küstenregionen (ozeanisches Klima) sind dann kühler als Regionen im Landesinneren (Kontinentalklima).

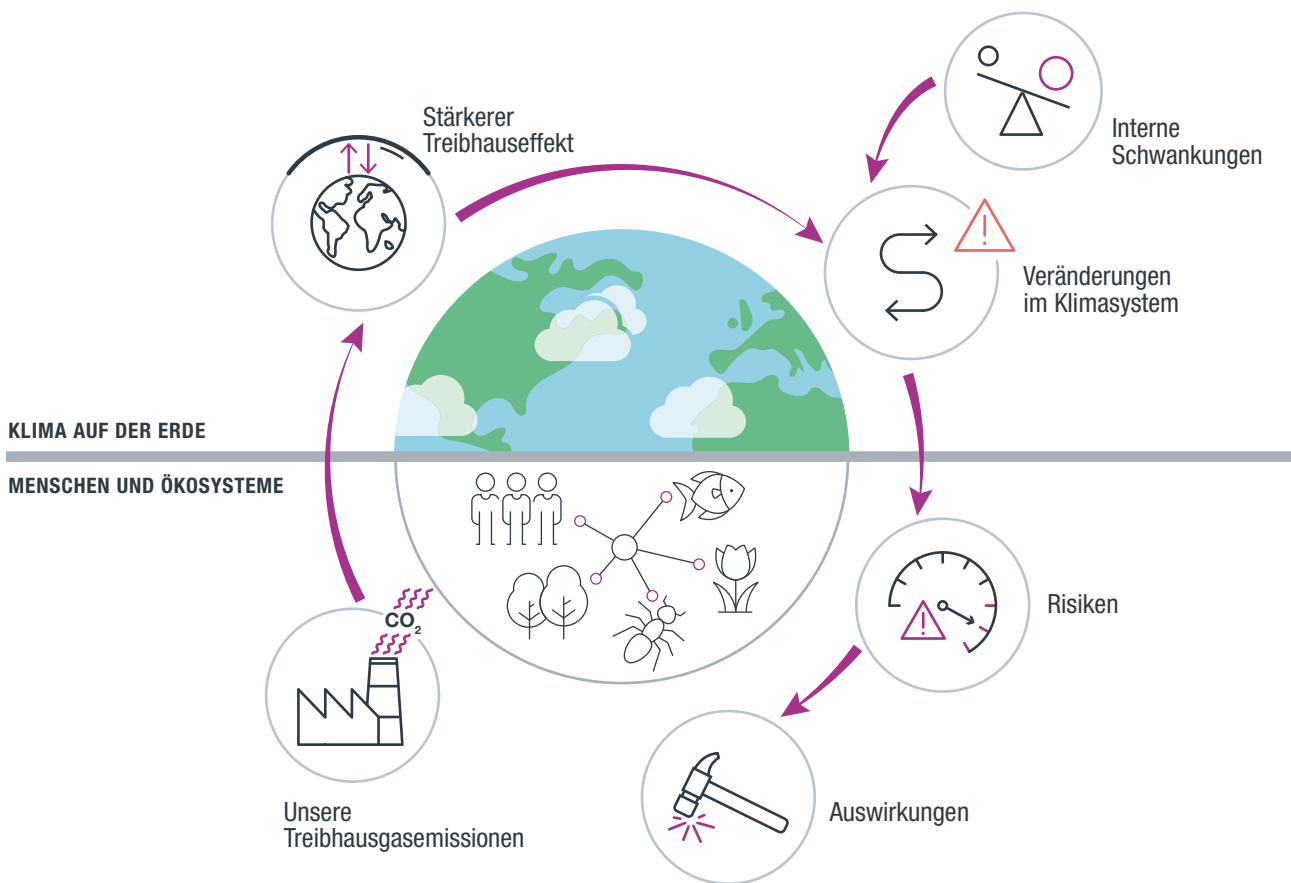
# Der Ozean und die Kryosphäre verändern sich aufgrund des Klimawandels

Vom Menschen verursachte Treibhausgasemissionen verstärken den natürlichen Treibhausgaseneffekt. Die daraus resultierende Erwärmung des Ozeans und der Atmosphäre kann durch Mechanismen im Klimasystem, sogenannte Rückkopplungen (wie weiter oben im Zusammenhang mit dem Albedo-Effekt be-

schrieben), verstärkt oder verringert werden. Wenn beispielsweise weltweit die Temperaturen ansteigen, verdunstet mehr Wasser aus den Meeren und Seen in die Atmosphäre. Diese verstärkende Rückkopplung führt zu mehr Erwärmung, da Wasserdampf ein Treibhausgas ist.

12 Quelle: <https://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/> & IPCC Sonderbericht „1,5°C globale Erwärmung“: <https://www.ipcc.ch/sr15>





Flussdiagramm: Menschgemachte Treibhausgasemissionen und die Auswirkungen des Klimawandels

## VERÄNDERUNGEN IM OZEAN UND IN DER KRYOSPHERE

Das Flussdiagramm der vorherigen Seite veranschaulicht die Wechselwirkungen zwischen menschlichen Aktivitäten und dem Klimasystem. Die obere Hälfte des Diagramms (über der grauen Linie) zeigt die Veränderungen im Klimasystem der Erde, während die untere Hälfte jene Faktoren abbildet, die Menschen und Ökosystemen betreffen. Die Pfeile führen von unseren Treibhausgasemissionen (die abgeschwächt bzw. vermieden werden können) auf der linken Seite hin zu den Risiken und Folgen, die diese durch globale Erwärmung rechts unten verursachen. Dazwischen befinden sich die sogenannten „Klimarisiken“, d. h. die physikalischen und chemischen Veränderungen im Klimasystem. Dazu zählen die Erwärmung der Atmosphäre und der Ozeane, das Schmelzen der Gletscher und Eisschilde sowie das Ansteigen des Meeresspiegels. Das Ausmaß dieser Klimarisiken hängt von der Stärke der globalen Erwärmung ab und somit von der Menge der Treibhausgase, die wir freisetzen. Wenn wir etwas unternehmen, um unsere Treibhausgasemissionen zu reduzieren, betreiben wir Klimaschutz.

Aufgrund der vorhin besprochenen internen Schwankungen im Klimasystem lässt sich nicht mit Sicherheit vorhersagen, welche Auswirkungen der Klimawandel an einem bestimmten Ort haben wird. Wird ein Ort von einem besonders starken Sturm getroffen, kann das am Klimawandel liegen – oder auch nicht. Sicher ist nur, dass sich Stürme mit der zunehmenden Erwärmung des Planeten verändern werden. Man kann lediglich möglichst gut abschätzen, wie wahrscheinlich das Auftreten eines solchen Sturms wäre und welche Auswirkungen er hätte. Wir können dann Maßnahmen ergreifen, um das Risikoniveau zu senken (und somit auch die eventuellen Auswirkungen, sollte der Sturm eintreten). Dies geschieht durch Anpassung, ein Thema, das wir im letzten Abschnitt behandeln werden.

Wir beschäftigen uns nun mit den Bestandteilen des Ozeans und der Kryosphäre und zeigen, **wie der Klimawandel diese bereits heute beeinflusst und wie sie sich künftig entwickeln könnten.**

## GLETSCHER UND EISSCHILDE SCHMELZEN

Wenn die Temperatur der Atmosphäre ansteigt, werden Eisschilde und Gletscher immer weiter schmelzen (Abnahme der Schnee- und Eismasse). Neu hinzukommender, frischer Schnee (Zunahme der Schnee- und Eismasse) kann dies nicht immer wettmachen. Die meisten Eisschilde und Gletscher reagieren nur langsam auf Temperaturveränderungen, das liegt an ihrer hohen **thermischen Trägheit**. Deshalb, und auch aufgrund der vorhin erwähnten Rückkopplungen, **werden Gletscher und Eisschilde noch über Jahrhunderte und Jahrtausende hinweg weiter-schmelzen, auch wenn die Temperaturen weltweit nicht mehr ansteigen**. Von einigen Ausnahmen abgesehen, verlieren Gletscher auf der ganzen Welt an Masse, auch ihre Ausdehnung schrumpft. Zwischen 2006 und 2015 hat Grönland 278 Gigatonnen Eis pro Jahr verloren, und der Antarktische Eisschild 155 Gigatonnen Eis pro Jahr. Das entspricht einem Anstieg des weltweiten Meeresspiegels von 0,77 mm bzw. 0,43 mm pro Jahr. Die Eisverlustrate der Gletscher unserer Erde entspricht derjenigen für das Grönländische Eisschild.

## PERMAFROSTBÖDEN TAUEN AUF

Permafrost ist ständig gefrorener Boden, also Erde, Gestein usw. mit einer Temperatur von weniger als 0°C. Permafrost ist normalerweise von Eis eingeschlossen. **Infolge der wärmeren Atmosphäre in der gesamten Arktis und in den Berggebieten der Welt, steigt die Temperatur der Permafrostböden an**. Wenn die Temperatur auf über 0°C steigt, taut der Boden auf. Das hat zweierlei Folgen:

- Es destabilisiert den Untergrund und kann dazu führen, dass Gebäude und Straßen in der Arktis zerstört werden oder Erdbeben in den Gebirgen ausgelöst werden.
- Es führt zur Verwesung organischer Materie, die zuvor im Permafrost eingefroren war. Dadurch werden Treibhausgase (CO<sub>2</sub> und Methan) freigesetzt und eventuell auch Viren und Bakterien.

Die Menge an Treibhausgasen, die im 21. Jahrhundert durch Permafrost freigesetzt werden wird, hängt vom Ausmaß der globalen Erwärmung ab. Schätzungen reichen von mehreren zehn bis zu Hunderten Gigatonnen (1 Gt = 1 Milliarde Tonnen). Zum Vergleich: Die Menschen haben seit der industriellen Revolution bereits 2200 Gt an CO<sub>2</sub> freigesetzt.

## DER MEERESSPIEGEL STEIGT AN

**Der globale mittlere Meeresspiegel ist seit 1900 um ca. 15 cm angestiegen. Dieser Trend beschleunigt sich** (seit 1900 von 1,5 mm auf 3,6 mm pro Jahr). Der Anstieg des Meeresspiegels ist auf die Zunahme des Meeresspiegels zurückzuführen. Wie die Abbildung auf der nächsten Seite zeigt, gibt es dafür zwei Hauptursachen:

- **zusätzliches Wasser** in den Meeren aufgrund der schmelzenden Gletscher und Eisschilde;
- **die Ausdehnung des Meereswassers**, da sich die Meere erwärmen (Wärmeausdehnung) und warmes Wasser ein größeres Volumen einnimmt.

Ungefähr die Hälfte des Anstiegs des Meeresspiegels seit 1900 ist auf Wärmeausdehnung zurückzuführen, die andere Hälfte auf das Schmelzen von Eis an Land. Dieser zweite Faktor ist im Moment der Hauptgrund für den Meeresspiegelanstieg. **Der Meeresspiegel wird auch nach dem Ende der globalen Erwärmung über Jahrhunderte hinweg weiter ansteigen**. Es wird geschätzt, dass der globale mittlere Meeresspiegel bis zum Ende des Jahrhunderts weiter ansteigen wird: zwischen 20 cm und über 1 m. Der tatsächliche Wert hängt davon ab, wie viele Treibhausgase wir freisetzen und wie schnell die polaren Eismassen darauf reagieren.



**Wie eine wärmere Atmosphäre und wärmere Ozeane zu einem Anstieg des Meeresspiegels führen.** Da das Schmelzwasser mancher Gletscher direkt ins Meer fließt, könnte man einen zusätzlichen Pfeil zwischen „wärmere Ozeane“ und „schmelzende Gletscher“ einzeichnen.

Auf lokaler Ebene kommen noch zusätzliche Faktoren ins Spiel. Zunächst sind extreme Ereignisse zu nennen, die den Meeresspiegel ansteigen lassen – wie etwa Sturmfluten und Veränderungen der Windverhältnisse. Die Anhebung oder das Absinken der Landoberfläche können den Wasserpegel im Vergleich zum Festland ebenfalls verändern. Dies kann gravierende Folgen haben: In Jakarta haben Grundwasserentnahme sowie die Verdichtung des Sediments dazu geführt, dass die Stadt seit 1980 um mehrere Meter abgesunken ist.

---

## MEEREIS

In den letzten Jahrzehnten wurde festgestellt, dass das sommerliche Meereis schnell schmilzt<sup>13</sup>. Dies trägt nicht zum Anstieg des Meeresspiegels bei, da sich das Eis bereits im Meer befindet. Die Meereisdecke in der Arktis variiert naturgemäß im Laufe der Jahreszeiten: Im März ist die Ausdehnung maximal, im September erreicht sie ein Minimum. **Die Eisdecke im September hat seit 1980 um ca. 40% abgenommen**<sup>14</sup>. Zusätzlich zu den Veränderungen der Ausdehnung **nehmen auch das durchschnittliche Alter und die durchschnittliche Dichte des Eises ab**. Im Winter des Jahres 1980 waren ungefähr 30% des Eises fünf Jahre alt oder älter (und haben somit das Schmelzen in mehreren Sommern „überlebt“). Heute trifft das nur noch für 2% des Eises zu. **Außerdem ist das Meereis in der zentralen Arktis heute nur noch ein Viertel so dick wie im Jahr 1975** (1,25m verglichen mit 3,5 m). Die Abnahme der arktischen Meereisdecke ist von den zuvor beschriebenen positiven Rückkopplungen beeinflusst, die auf die unterschiedliche Albedo von Eis und Meer zurückzuführen sind. Verglichen mit dem arktischen Meereis **ist das antarktische Meereis in den letzten 40 Jahren stabil geblieben**.

---

## OZEANSCHICHTEN, MARINE HITZEWELLEN UND SAUERSTOFFVERLUST

**Steigende Temperaturen verändern die Struktur des Ozeans und beeinflussen die Meereslebewesen.**

Da der Ozean von oben nach unten erwärmt wird, steigt die Temperatur der (weniger dichten) Ozeanoberfläche schneller als die Temperatur in den tieferen, dichteren Schichten. **Dies verstärkt den Dichteunterschied zwischen Oberflächenwasser und den tieferen Schichten** (ein Prozess, der sich **Stratifikation** nennt), wodurch sich das nährstoffreiche Tiefen-

wasser nur schwer mit dem nährstoffarmen Oberflächenwasser vermischt. Ohne diese Vermischung zwischen Oberflächen- und Tiefenwasser kommt es außerdem zu **einer geringeren Sauerstoffzufuhr vom sauerstoffreicheren Oberflächenwasser in die tieferen Wasserschichten (Sauerstoffverlust)**. Die oberen 1000 Meter des Ozeans haben seit 1970 0,5-3% ihres Sauerstoffgehalts verloren.

Zusätzlich zu diesen schrittweisen Veränderungen werden **vermehrt** extreme Ozeantemperaturereignisse, sogenannte **marine Hitzewellen**, verzeichnet. Diese Warmwasserereignisse können auch zu einer massenhaften **Korallenbleiche und später zu Korallensterben** führen. Dies geschah zum Beispiel zwischen 2014 und 2017 – das Ereignis betraf 75% aller Riffe weltweit. Diese Entwicklung wird noch weiter anhalten: 75% aller Korallenriffe könnten vernichtet werden, wenn die globale Temperatur auch nur um 0,5°C weiter ansteigt, bzw. wenn man nicht verhindert, dass örtliche, durch menschliche Aktivitäten verursachte Stressfaktoren (die ebenfalls zu einem Korallensterben führen können) begrenzt werden.

---

## ERWÄRMUNG DES OZEANS

Abgesehen davon, dass sie vermehrt zu marinen Hitzewellen führt, **reduziert eine wärmere Ozeanoberfläche auch die Wirksamkeit der physikalischen CO<sub>2</sub>-Pumpe des Ozeans** und schmälert so dessen Rolle in der Verlangsamung der Erwärmung der Atmosphäre.

---

## VERSAUERUNG DES OZEANS

**Die Aufnahme von durch den Menschen verursachtem CO<sub>2</sub> führt dazu, dass der Ozean saurer wird (Versauerung des Ozeans)**. Dies wird manchmal „das andere CO<sub>2</sub>-Problem“ genannt. Wenn sich CO<sub>2</sub> im Meerwasser löst, entsteht Kohlensäure, die sich dann wiederum durch eine Reihe von chemischen Reaktionen in verschiedene Ionen aufspaltet. Das Ergebnis dieser Reaktionen ist, dass sich der Gehalt an Wasserstoff-Ionen (und somit der Säuregehalt des Ozeans) erhöht, während sich der Gehalt an Karbonat-Ionen verringert (Karbonat-Sättigung). Karbonat-Ionen sind für kalkbildende Meeresorganismen, wie etwa Mollusken oder Korallen, ein wesentlicher Baustein für die Bildung ihrer Gehäuse und Skelette aus Kalziumkarbonat. Seit der industriellen Revolution ist der weltweite mittlere pH-Wert der Ozeane um ca. 0,1 Einheiten zurückge-

<sup>13</sup> <https://nsidc.org/arcticseaicenews/charctic-interactive-sea-ice-graph/>

<sup>14</sup> <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2017/10/arctic-sea-ice-2017-tapping-the-brakes-in-september/>

gangen und liegt heute bei 8,05 (je größer der Säuregehalt, desto niedriger der pH-Wert)<sup>15</sup>. Die Säure-Basen-Grenze bei 7 pH ist im Meerwasser wenig relevant – **auch ein geringer Rückgang des pH-Wertes kann Auswirkungen auf marine kalkbildende Organismen in ihren unterschiedlichen Entwicklungsstadien haben** (der pH-Wert muss nicht auf unter 7 sinken, um Folgen zu haben).

## OZEANZIRKULATION

Die Ozeanzirkulation wird sowohl durch Winde (Oberflächenströmungen) als auch durch Veränderungen in der Dichte des Wassers (thermohaline Zirkulation) beeinflusst. Warme Oberflächenströmungen, wie etwa der Golfstrom oder der Kuroshio (Japanstrom) beeinflussen das Klima im Lee (dort wo der Wind „hinweht“). So ist das Klima im Westen der Kontinente und in den mittleren Breitengraden milder (z. B. in Westeuropa oder im Westen Nordamerikas) als im Osten der Kontinente.

Die thermohaline Zirkulation, auch globales Förderband genannt, zieht eine weltweite Schleife: Im Atlantikbecken strömt warmes Oberflächenwasser nach Norden und überquert den Äquator von Süd- nach Nord, bevor es abkühlt und in den hohen Breitengraden absinkt. Das Tiefenwasser strömt dann quer über den Äquator und um die Antarktis herum zurück in den Südlichen Ozean, wo es Jahrhunderte später zurück an die Oberfläche gelangt und erneut Teil der Oberflächenströmungen im Atlantik wird.

Die Stärke dieser Zirkulation trägt zur Klimaregulierung auf der ganzen Welt bei und beeinflusst insbesondere

das Klima in Europa, weil Wärme in den Nordatlantik gelangt. Es wird erwartet, dass sich aufgrund des Klimawandels der atlantische Teil dieser Zirkulation im 21. Jahrhundert abschwächen wird (um 10 bis 30%), er aber nicht vollends zum Stillstand kommen wird. Diese Abschwächung wird zu einem Anstieg des Meeresspiegels entlang der Ostküste Nordamerikas und zu vermehrten Winterstürmen in Europa führen. In vielen anderen Regionen ist nach wie vor unbekannt, inwiefern die globale Erwärmung die Zirkulation in den Ozeanen, sowohl an der Oberfläche als auch in der Tiefe, beeinflussen wird.

## MIGRATION DER ARTEN

**Arten an Land und im Wasser verlagern als Antwort auf die globale Erwärmung ihr geografisches Verbreitungsgebiet.** Sie bewegen sich bergauf (an Land) oder in höhere Breiten, um in ihrem bevorzugten Temperaturbereich zu bleiben. Weil Gletscher schmelzen und Schnee und Permafrost in den Gebirgen zurückgehen, werden für einige Arten neue Lebensräume geschaffen, während der Lebensraum all jener, die auf Schnee und Eis angewiesen sind, kleiner wird. In der Arktis wird sich die Taiga vermutlich nordwärts ausbreiten, bis in die baumlose arktische Tundra. Im Ozean bewegen sich Lebewesen, vom Phytoplankton bis hin zu Meeressäugtieren, in Richtung der Pole – durchschnittlich um 5 Kilometer pro Jahr. Mit dem Rückgang der arktischen Meereisdecke wird erwartet, dass Fische vermehrt durch die Arktis, vom Pazifik in den Atlantik und zurück, schwimmen werden. In der Antarktis ist es besonders kompliziert, biologische Veränderungen zu untersuchen.

# Das hat Auswirkungen auf uns

## DER KLIMAWANDEL FÜHRT ZU RISIKEN FÜR MENSCHEN UND ÖKOSYSTEME

Wenn der Klimawandel den Ozean und die Kryosphäre verändert, entstehen dabei Risiken für Menschen und Ökosysteme. Klimabedingte Bedrohungen reichen von starken Sturmfluten, marinen Hitzewellen, dem Verlust von Meereis bis zum Auftauen von Permafrostböden. Die Risiken können sich auf Ressourcen, Arbeitsplätze, Existenzgrundlagen, die Kultur und die Gesundheit auswirken.

- **Durch den steigenden globalen mittleren Meeresspiegel sind mehr Gebiete Überflutungen ausgesetzt** – entweder durch wiederkehrende Überschwemmungen bei Flut oder durch extreme Ereignisse wie etwa Sturmfluten. Extrem hohe Meeresspiegel, die bisher selten waren, werden im Laufe dieses Jahrhunderts häufiger auftreten. Tiefliegende Gebiete wie Bangladesch oder kleine Inseln sind von dieser Entwicklung besonders bedroht. Viele tiefgelegene Metropolen und kleine Inseln werden ab 2050 jedes Jahr das erleben, was wir heute noch Jahrhunderthochwasser nennen.

15 SPM WG1 AR5 (Zusammenfassung für Entscheidungsträger des IPCC-Sachstandsbericht AR5, Arbeitsgruppe I): <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

Sofern keine tiefgreifenden Bemühungen zur Anpassung unternommen werden, wird dies zu immer häufigeren starken Überschwemmungen führen. Zu den potenziellen Folgen zählen das Eindringen von Salzwasser in das Grundwasser und in Moorgebiete, was die Wasserqualität verschlechtern würde und zu Gesundheitsproblemen sowie Ernteauffällen führen könnte. **Einige tiefliegende pazifische Inselstaaten schmieden bereits jetzt Pläne für den Fall, dass sie auswandern** und künftig ihre Bevölkerung anderswo ansiedeln müssen.

- **Der Verlust der Kryosphäre trifft Menschen in der Arktis und im Hochgebirge.** Es sind die Süßwasserversorgung, Wasserkraftwerke, die Infrastruktur, der Transport, die Lebensmittelversorgung, Tourismus und Freizeit, Gesundheit und Wohlbefinden sowie Kultur und soziale Werte betroffen, wobei die Auswirkungen und positiven Effekte ungleich über die Bevölkerungsgruppen verteilt sind. Wenn Gletscher schmelzen, steigt zunächst der jährliche Abfluss, er erreicht ein Maximum und nimmt dann wieder ab. Der Zeitpunkt, ab wann die jährliche Gletscherschmelze einsetzt, kann sich ebenfalls ändern. In manchen Gegenden hat der Verlust von Gletschereis bereits jetzt negative Auswirkungen auf Ernteerträge (z. B. in den tropischen Anden), vor allem dann, wenn noch weitere Stressfaktoren hinzukommen.
- Wenn sich das Klima verändert, **verändern sich Ökosysteme und Landschaften auf komplexe Art und Weise**, was **Ökosystemdienstleistungen** beeinflusst. In der Arktis wird der Rückgang des Meereises voraussichtlich das Wachstum von Phytoplankton begünstigen, da mehr Licht einfallen wird. Es wird davon ausgegangen, dass Fische aufgrund der Ozeanerwärmung in Richtung der Pole migrieren werden. Dies würde die Artenvielfalt in den Tropen verringern und in den mittleren bis hohen Breitengraden erhöhen. Gleichzeitig wird davon ausgegangen, dass weltweit der Fischfang, der bereits jetzt in manchen Gebieten von Überfischung betroffen ist, insgesamt zurückgehen wird.
- Von diesen negativen Auswirkungen abgesehen, **gibt es auch neue Chancen**. Beispielsweise eröffnet das schmelzende Meereis der Arktis neue Transportwege für den Schiffsverkehr (das Kreuzfahrtschiff *Crystal Serenity*<sup>16</sup> durchquerte im Sommer 2016 die Nordwestpassage) und den Zugang zu Bodenschätzen, wenn auch diese Aktivitäten neue Umweltrisiken mit sich bringen.



Das Dorf Shishmaref in Alaska ist eine Inselgemeinschaft von Iñupiaq-Eskimos. Obwohl das Dorf über einige Schutzstrukturen verfügt, um der Küstenerosion vorzubeugen, hat es sich entschieden, auf das Festland überzusiedeln.

16 Quelle: Gortnitz, V. (2019): Vanishing Ice: Glaciers, Ice Sheets and Rising Seas

## DER EINFLUSS DES KLIMAWANDELS ERSCHWERT ES, DIE ZIELE FÜR NACHHALTIGE ENTWICKLUNG DER VEREINTEN NATIONEN ZU ERREICHEN

Die Vereinten Nationen haben 17 Nachhaltigkeitsziele formuliert, die unter anderem auf die globale Lebensmittel- und Wassersicherheit, die Lebensgrundlagen und die Bildung abzielen.

**Es gibt viele Schnittmengen zwischen diesen Plänen für eine nachhaltige Entwicklung und dem Klimawandel.** Der Rückgang von Fangmengen in der Fischerei aufgrund des Klimawandels hat Auswirkungen auf das Einkommen, die Lebensgrundlage und die Lebensmittelsicherheit von Bevölkerungsgruppen, die vom Fischfang abhängig sind. In den Tropen sind 500 Millionen Menschen auf die Korallenriff-Ökosysteme angewiesen. Sie werden schwer betroffen sein, sollten diese dauerhaft beschädigt werden.<sup>17</sup> Veränderungen des Ozeans und

der Kryosphäre können auch Einfluss auf die kulturelle Identität und das Wohlbefinden haben. Gletscher und Meereis beispielsweise haben eine tiefe kulturelle und religiöse Bedeutung, die erschüttert wird, wenn diese verloren gehen.

Die Auswirkungen und Chancen des Klimawandels werden ungleich verteilt sein. Die ärmsten Menschen leben oft in den am tiefsten gelegenen Gebieten, die dem steigenden Meeresspiegel am ehesten ausgesetzt sind. Die gute Nachricht ist, dass **die Bekämpfung des Klimawandels auch nachhaltige Entwicklung fördern kann**, wenn die Anstrengungen für Anpassung und Klimaschutz sowie die Verluste und Gewinne der Auswirkungen des Klimawandels fair und gerecht aufgeteilt werden. Der letzte Abschnitt dieser Hintergrundinformationen beschäftigt sich damit, wie wir dem Klimawandel die Stirn bieten können – und zwar sowohl seinem Ursprung (Treibhausgasemissionen) als auch seinen Symptomen (Klimaauswirkungen).

## Wir können handeln, um das Klima zu schützen und uns an den Klimawandel anzupassen

Es gibt zwei Ansätze, wie wir die Risiken und Auswirkungen des Klimawandels in den nächsten Jahrzehnten abschwächen können:

- **Einerseits können wir die globale Erwärmung begrenzen**, indem wir die Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre verringern. Wir können entweder dafür sorgen, dass wir weniger Treibhausgase emittieren, oder Methoden anwenden, die das CO<sub>2</sub> aktiv aus der Atmosphäre entfernen (CO<sub>2</sub>-Abscheidung), indem wir beispielsweise Bäume pflanzen. Diese Maßnahmen zur Schadensminderung bezeichnet man als **Klimaschutz oder Minderung des Klimawandels**.
- Andererseits können wir **die Konsequenzen des Klimawandels** bekämpfen, indem wir entweder die Anzahl von Menschen, Tieren und Besitz in Gefahrenzonen verringern oder indem wir diese widerstandsfähiger machen. Das nennt man **Anpassung**.

Die Frage, die wir uns stellen sollten, lautet allerdings nicht entweder oder: **Sowohl Klimaschutz als auch Anpassung sind nötig, um den Klimawandel zu bekämpfen.** Wenn wir etwa eine neue Schule planen,

können wir das Gebäude und dessen Betrieb CO<sub>2</sub>-neutral gestalten (Klimaschutz) und es gleichzeitig fit für verschiedene künftige Klimaszenarien machen (Anpassung). Um uns in den Tropen an den steigenden Meeresspiegel anzupassen, können wir Mangroven pflanzen, die sowohl die Wucht der Wellen und die Küstenerosion mindern als auch der Atmosphäre CO<sub>2</sub> entziehen (das in die kohlenstoffreichen Mangrovenböden eingelagert wird). Wenn wir Korallenriffe schützen, die die Energie der Wellen bei Wirbelstürmen abschwächen, trägt dies zum Schutz von Inselbewohnern bei, und bietet außerdem eine nachhaltige Lebensmittelquelle und ökonomische Ressourcen.

### KLIMASCHUTZ

Die Herausforderung, **die Treibhausgasemissionen der Menschheit zu reduzieren, ist gewaltig. Unmittelbare Senkungen der Emissionen** sind zu einem Zeitpunkt nötig, an dem die Nachfrage und der Verbrauch an Energie steigen. Gleichzeitig müssen wir, wie in den Zielen für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen festgelegt, andere

<sup>17</sup> <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/coral-reefs-and-climate-change>

weltweite Herausforderungen angehen – wie etwa den Zugang zu Lebensmitteln, Wasser, Arbeitsplätzen und einer Gesundheitsversorgung für jedermann verbessern sowie Ungleichheiten bekämpfen.

Es gibt viele Gründe, zuversichtlich zu sein. Nicht nur nimmt das Bewusstsein der Öffentlichkeit und der Politik zu, dass schnell gehandelt werden muss; auch die stark fallenden Kosten für erneuerbare Energien und das richtungsweisende Pariser Übereinkommen zum Klimawandel aus dem Jahr 2015 tragen dazu bei, dass der Grundstein für eine schnelle Reduktion der Emissionen gelegt ist. Es gibt bereits viele Erfolgsgeschichten. Im Vereinigten Königreich sind CO<sub>2</sub>-Emissionen dank des Rückgangs der Nutzung von Kohle auf das Niveau von 1890 gesunken<sup>18</sup>. In Deutschland stieg der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien von 6% im Jahr 2000 auf 38% im Jahr 2018<sup>19</sup>. Im März 2018 lag der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen in Portugal bei 103,6 % des Energieverbrauchs auf dem Festland<sup>20</sup>. Doch da die globale Erwärmung auf globale Emissionen zurückzuführen ist, reicht es nicht aus, wenn nur einige wenige Staaten handeln. Es ist auch nicht allein die Aufgabe von Regierungen, Unternehmen und der Gesetzgebung, Emissionen zu reduzieren, auch wenn ihre Rolle vorrangig ist. Wir werden im nächsten Abschnitt sehen, dass sich auch lokale Organisationen und Individuen einbringen müssen.

### DAS PARISER ÜBEREINKOMMEN

Das Ziel des Pariser Übereinkommens der Vereinten Nationen<sup>21</sup> ist es, die globale Erwärmung auf unter 2°C, und wenn irgendwie möglich sogar unter 1,5°C über dem vorindustriellen Zeitalter zu halten. **Damit die Erwärmung die zusätzlichen 1,5°C nicht übersteigt, müssen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im kommenden Jahrzehnt um 40-60% sinken, damit schlussendlich bis 2050 Nullemission erreicht wird.**<sup>22</sup> (In der Zusammenfassung für Lehrerinnen und Lehrer des IPCC-Sonderberichts „1,5°C globale Erwärmung“ des Office for Climate Education<sup>23</sup> gibt es dazu mehr Details.) Es handelt sich also um eine gigantische Herausforderung auf allen gesellschaftlichen Ebenen – Regierungen, Unternehmen, lokale Organisationen und Individuen haben bei der Reduzierung von Emissionen alle eine Rolle zu spielen.

Das Pariser Übereinkommen gibt einzelnen Ländern nicht vor, wie stark sie ihre Emissionen verringern sol-

len. Stattdessen stecken sich die Staaten ihre eigenen Ziele. Es ist ein schrittweiser Prozess, bei dem die Staaten in regelmäßigen Abständen berichten, welche Klimaschutzmaßnahmen sie ergriffen haben. Die Daten der einzelnen Länder werden anschließend zusammengetragen, um den weltweiten Fortschritt in Richtung der Ziele des Pariser Übereinkommens bewerten zu können. Individuen, Gemeinschaften und Unternehmen können zu diesem Prozess beitragen, indem sie tiefgreifende politische Klimaschutzmaßnahmen unterstützen, beispielsweise eine CO<sub>2</sub>-Steuer. Wir können das Pariser Übereinkommen auch auf uns selbst oder auf eine Gruppe von Menschen beziehen: Wir können unseren eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck berechnen, das Ergebnis mit anderen teilen, und anschließend Pläne schmieden und umsetzen, um die eigenen Emissionen zu reduzieren. In einem letzten Schritt können wir dann unseren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck neu berechnen, um zu beurteilen, ob wir erfolgreich waren. Wie die Unterzeichnerstaaten des Pariser Übereinkommens, können auch wir entscheiden, welche Maßnahmen wir im Rahmen unserer Umstände und Möglichkeiten ergreifen können.

### CO<sub>2</sub>-FUSSABDRUCK

**Ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck wird normalerweise als die Gesamtmenge der aus einer bestimmten Quelle ausgestoßenen Treibhausgase definiert.** CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke können für unterschiedliche Einheiten erstellt werden: für Personen, für Länder oder auch für Produkte – beispielsweise, um die Gesamtanzahl der Emissionen bei der Produktion, dem Transport und der Nutzung eines T-Shirts zu berechnen. Um alle anderen Treibhausgase, von CO<sub>2</sub> abgesehen, mitberechnen zu können, werden diese in „CO<sub>2</sub>-Äquivalente“ umgerechnet (CO<sub>2</sub>e) – d. h. in die Menge an CO<sub>2</sub>-Emissionen, die der Emission der anderen Treibhausgase entspricht.

Einen Fußabdruck zu erstellen hilft, um auf individueller oder Gruppenebene festzustellen, welche Aktivitäten die meisten Emissionen verursachen und somit vorrangig ins Visier genommen werden sollten. Anstatt genau aufzuschlüsseln, welche Aktivität wie viel zum Fußabdruck beiträgt, sollten eher die relativen Größen der einzelnen Beiträge abgeschätzt werden. Auf diese Weise können die größten CO<sub>2</sub>-Verursacher ausgemacht werden. Man muss allerdings bedenken, dass Individuen und lokale Gruppen ohne legislative oder anderwärtige Unterstützung nur be-

18 Diese Darstellung ist unvollständig, da ein Teil der britischen Emissionen in Übersee „ausgelagert“ wurde.

19 Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien (2019): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland 1990-2018: <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Standardartikel/zeitreihen.html>

20 <https://www.apren.pt/en/march-100-renewable--first-month-of-xxi-century-fully-supplied-by-renewable-electricity-sources/>

21 <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

22 IPCC-Sonderbericht „1,5°C globale Erwärmung“: <https://www.ipcc.ch/sr15>

23 <http://oce.global/de/resources/climate-science/Zusammenfassung-fur-Lehrerinnen-und-Lehrer>

grenzte Möglichkeiten haben, die CO<sub>2</sub>-Emissionen zu reduzieren.

### DEN CO<sub>2</sub>-FUSSABDRUCK REDUZIEREN

Hier einige Ansätze zur Verkleinerung des eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks:

- **Konsum reduzieren:** Den Verbrauch von Energie und Materialien reduzieren, Dinge wiederverwenden und recyceln. Indem wir weniger Produkte und Dienstleistungen verbrauchen, können wir unseren Energieverbrauch senken, und damit die dabei verursachten Treibhausgasemissionen. Wir können beispielsweise Wäsche zum Trocknen aufhängen anstatt sie in den Trockner zu geben oder uns für weniger CO<sub>2</sub>-intensive Verkehrsmittel oder für Fahrgemeinschaften entscheiden. Wir können außerdem unsere Geräte (z. B. die Waschmaschine) gegen energieeffiziente Modelle austauschen.
- **Geräte oder Fahrzeuge bevorzugen, die mit kohlenstoffarmen Energiequellen betrieben werden** (z. B. Ökostrom beziehen oder Elektroautos benutzen). Wenn ihr ein Gerät oder Auto mit fossilem Antrieb ersetzt, müsst ihr euch die Frage stellen, ob dies wirklich sinnvoll ist, da die Herstellung des neuen Geräts (und die Entsorgung des alten) auch zu Emissionen führt.
- **Lebensmittelverschwendung vermeiden:** Es ist kaum zu glauben: Weltweit wird ein Drittel aller Lebensmittel weggeworfen<sup>24</sup>! Wenn ihr Fleischesser seid, esst weniger Fleisch. Lamm und Rindfleisch haben die schlechteste CO<sub>2</sub>-Bilanz. Diese Lebensmittel zu vermeiden oder zu ersetzen würde euren Fußabdruck reduzieren.
- **Aktivitäten, die hohe Emissionen verursachen, vermeiden** oder durch Alternativen ersetzen, die weniger Emissionen verursachen. Man kann beispielsweise auf Fernreisen verzichten, oder anstatt mit dem Flugzeug mit dem Zug verreisen (wenn möglich). Für den Weg zur Schule oder zur Arbeit kann man mit dem Rad fahren, zu Fuß gehen oder mit den öffentlichen Verkehrsmitteln fahren, anstatt mit dem Auto.
- Für alle Emissionen, die nicht vermieden werden können, ist es möglich, **Klimakompensationszahlungen an seriöse Quellen zu leisten, um die Emissionen auszugleichen**. Man muss allerdings bedenken, dass ein bedeutender Teil unserer CO<sub>2</sub>-Emissionen noch in 100 Jahren in der Atmosphäre sein wird. Deswegen können nur

Maßnahmen, die langfristig darauf abzielen, die Atmosphäre vor CO<sub>2</sub> zu bewahren, einen tatsächlichen Ausgleich schaffen.

### GUTE BEISPIELE FÜR MASSNAHMEN ZUM KLIMASCHUTZ

Auf den ersten Blick scheint es offensichtlich, wie Emissionen reduziert werden können, aber es ist komplexer, als zunächst angenommen.

#### → Alle Emissionen bedenken

Damit wir richtig einschätzen können, wie viel CO<sub>2</sub>-Emissionen in einem Produkt oder in unseren Aktivitäten stecken, **müssen wir alle Emissionsarten miteinbeziehen**. Wenn wir ein Baumwoll-T-Shirt als Beispiel nehmen, müssen wir alle Emissionen, die im Laufe des Lebenszyklus des T-Shirts entstanden sind, berücksichtigen: von der „Wiege“ (Herstellung) bis zum „Grab“ (Entsorgung). Dazu zählen auch Emissionen, die beim Anbau der Baumwolle entstanden sind, beim Stricken des T-Shirt-Stoffes und beim Transport bis in den Laden. Wir könnten sogar noch weitergehen und all das CO<sub>2</sub> mitzählen, das beim Waschen und Trocknen des Produkts im Laufe seiner Nutzung entsteht. Viele dieser Emissionen werden im Ausland erzeugt. Wenn Staaten ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck berechnen, zählen sie diese „ausgelagerten Emissionen“ nicht immer mit und so scheinen sie umweltfreundlicher zu sein, als sie es tatsächlich sind. Manche Emissionen, wie etwa internationale Transporte, werden außerdem bis heute keinem einzigen Land zugeordnet.

#### → Emissionseinsparungen abschätzen

Wenn wir einen Aktionsplan für mehr Klimaschutz entwickeln wollen, müssen wir natürlich vermeiden, unabsichtlich noch mehr Emissionen auszustoßen! Um dies zu verhindern, **sollten wir zunächst abschätzen, welche Emissionseinsparungen wir durch unser Handeln erwarten können**. Je nach örtlichen Gegebenheiten, können manche Maßnahmen, von denen wir erwarten, dass sie Emissionen reduzieren, die genau gegenteilige oder eine nur geringe Wirkung zeigen. Deshalb ist es wichtig, Daten für einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck für euer Land/euren Kontext zu verwenden. Bei natürlichen Methoden zum Klimaschutz – etwa dem Erhalt und dem Ausbauen natürlicher Kohlenstoffsenken wie Wälder oder Mangroven – müssen wir auch bedenken, welche Auswirkungen der Klimawandel in der Zukunft auf diese haben könnte und welche Zeitskalen betrachtet werden müssen.

24 IPCC-Sonderbericht über Klimawandel und Landsysteme: [www.de-ipcc.de/254.php](http://www.de-ipcc.de/254.php)



### → Alle Umweltauswirkungen bedenken

CO<sub>2</sub>-Fußabdrücke zu messen macht nur einen Aspekt sichtbar, wie wir auf die Umwelt einwirken: die Treibhausgasemissionen. **Es müssen aber auch andere Aspekte bedacht werden, wenn wir uns daran machen, unseren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck verkleinern zu wollen.**

Wenn wir zum Beispiel wieder an unser Baumwoll-T-Shirt denken, könnte es sein, dass für den Anbau der Baumwolle viel Wasser aus nicht nachhaltigen Quellen genutzt wird. Wir könnten uns auch die Frage stellen, ob die Baumwollbauern einen fairen Preis für ihre Ware erhalten, oder ob sie Pestizide verwenden und dadurch der Artenvielfalt schaden. Leider ist es oft schwierig herauszufinden, ob unsere Konsumgüter auf faire, ethische und nachhaltige Art produziert wurden. Es lohnt sich allerdings ein Blick auf die Verpackung, man erfährt dort, aus welchem Land ein Produkt stammt, welche Materialien verwendet wurden (z. B. Palmöl) und ob das Produkt ein Gütesiegel für fairen Handel hat, auf das man sich verlassen kann. In jedem Fall ist es wichtig, kritisch zu bleiben und alle Dimensionen einer möglichen Lösung zu bewerten, da diese oftmals unvorhergesehene negative Auswirkungen haben können.

### → Klimagerechtigkeit

Auch wenn das Pariser Übereinkommen nicht vorgibt, wie die Reduzierung der Emissionen auf die unterschiedlichen Staaten aufgeteilt werden soll, **gibt die Ethik vor, dass dies auf gerechte Art und Weise geschehen sollte.** Ein möglicher Ansatz wäre es, die Reduzierung so aufzuteilen, dass jene Länder, die insgesamt die meisten Emissionen verursacht und so am meisten zum Problem der globalen Erwärmung beigetragen haben, auch die größere Last schultern. Ein Nachteil dieser Idee ist, dass dabei nicht bedacht wird, ob ihr wirtschaftlicher Status diesen Staaten erlaubt, ihre Emissionen zu reduzieren. Die Emissionen mancher bevölkerungsreicher Entwicklungsländer sind zwar pro Kopf niedrig, insgesamt aber höher als die Emissionen von Industriestaaten mit weniger Einwohnern. Ein weiterer Aspekt von Klimagerechtigkeit ist das Ausmaß der erlebten Klimaauswirkungen. Generell müssen die Ärmsten in Entwicklungsländern mit den schlimmsten Auswirkungen rechnen – also genau jene Menschen, die hinsichtlich der Emissionen am wenigsten zum Problem beigetragen haben.

## ANPASSUNG

**Wie sehr der Klimawandel ein Gebiet trifft, hängt nicht nur davon ab, wie umfangreich die Veränderungen des Klimas sind, sondern auch davon, wie ausgesetzt und anfällig – man sagt auch: wie exponiert und vulnerabel – die Bevölkerung, die**

**Ökosysteme und die Infrastruktur sind.** Um sich an den Klimawandel anzupassen, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um **Exposition** (gegenüber Gefahren) und **Vulnerabilität** zu verringern. Exposition und Vulnerabilität stehen oft in Verbindung mit Armut. Arme Bevölkerungsschichten verfügen über geringe Ressourcen und sind nicht nur im begrenzten Maße dazu fähig, sich anzupassen, sondern leben in manchen Fällen auch in den am stärksten dem Klimawandel ausgesetzten Orten.

### EXPOSITION UND VULNERABILITÄT

Je nachdem, welche Auswirkungen des Klimawandels für eine bestimmte Region erwartet werden, können unterschiedliche Maßnahmen ergriffen werden, um Exposition und/oder Vulnerabilität zu reduzieren. Was den Anstieg des Meeresspiegels und Sturmfluten betrifft beispielsweise, kann die Exposition reduziert werden, indem Besitz an einen anderen Ort gebracht wird, Schutzmaßnahmen ausgebaut werden (z. B. durch den Bau/die Befestigung von Deichen oder Ufermauern, die Erhaltung von Korallenriffen und Mangroven, ...) oder periodisch auftretendes Hochwasser eingeplant wird (z. B. indem man Gebäude in höher gelegenen Gebieten baut). In der Landwirtschaft kann die Vulnerabilität von Bauern im Hinblick auf Überschwemmungen verringert werden, indem salztolerante Nutzpflanzen angebaut werden. Jeder einzelne kann Schritte unternehmen, um seine Exposition und seine Vulnerabilität gegenüber extremen Wetterereignissen zu reduzieren. Während einer Hitzewelle können wir Schatten oder kühle Innenräume aufsuchen (und damit unsere Exposition reduzieren) und viel Wasser trinken (um unsere Vulnerabilität zu verringern). Leider ist unser Handlungsspielraum in manchen Fällen begrenzt. Das Ansteigen des Meeresspiegels wird manche Gegenden unbewohnbar machen und die dort ansässige Bevölkerung dazu zwingen, umzusiedeln.

### BILDUNG

**Bildung ist ein wesentlicher Teil der Anpassung** und kann viele Formen annehmen. Wir können uns beispielsweise mit unserer unmittelbaren Umgebung besser vertraut machen, unser Wissen über den Klimawandel an Freunde und Familie weitergeben oder uns weiterbilden und eine Karriere anstreben, die Anpassungslösungen entwickelt.

### MASSNAHMEN FÜR DIE ANPASSUNG

#### → Schrittweises Vorgehen

Um Anpassung zu planen und umzusetzen, müssen wir zunächst genau verstehen, welche Risiken der Klimawandel auf lokaler Ebene birgt. **Da viele Details darüber, wie genau der Klimawandel einen bestimmten Ort beeinflussen wird, unbekannt**

**sind, ist Anpassung zwangsläufig ein Vorgang, der Schritt für Schritt eingeleitet werden muss.**

Dabei muss ständig überprüft werden, wie gut die einzelnen Strategien funktionieren und wie geeignet sie sind. Indem man eine große Bandbreite an Menschen und Institutionen in Anpassungsmaßnahmen einbindet, kann sichergestellt werden, dass auch alle Perspektiven berücksichtigt werden. Außerdem werden so die Last ihrer Umsetzung sowie die positiven und negativen Ergebnisse gerecht verteilt.

→ **Andere Umweltprobleme bekämpfen**

Ein guter Startpunkt für die Planung von Anpassungsmaßnahmen ist, **bestehende Umweltprobleme, die die Auswirkungen des Klimawandels verschlimmern würden, zu identifizieren und zu bekämpfen.** Zum Beispiel verschlimmern menschengemachte Landabsenkungen in einigen Küstenstädten den Meeresspiegelanstieg. Man könnte in diesem Fall Maßnahmen ergreifen, um die Geschwindigkeit der Absenkung zu bremsen, etwa indem die Grundwassernutzung zurückgeschraubt wird. Umweltver-

schmutzung (von Treibhausgasen einmal abgesehen) ist ein weiteres Problem: Baugewerbe und Landwirtschaft können bewirken, dass Korallenriffen mehr Sedimente und Nährstoffe zugeführt werden, und dass gleichzeitig weniger Licht auf die Riffe einfallen kann – sie werden dadurch noch anfälliger für den Klimawandel. Im Ozean treibendes und sich anhäufendes Plastik oder Überfischung sind weitere Beispiele. In der Kryosphäre trägt die Ablagerung von Rußpartikeln, die bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe entstehen, dazu bei, dass der Schnee schneller schmilzt. Indem wir diese Emissionen reduzieren, könnten wir diese Entwicklung verlangsamen.

→ **Chancen vorsichtig wahrnehmen**

Sich anzupassen bedeutet nicht nur, mit den negativen Auswirkungen des Klimawandels richtig umzugehen, sondern auch, **mögliche positive Entwicklungen zu erkennen.** Wenn Maßnahmen nachhaltig sind und zusätzliche Emissionen vermeiden, sollten sie genutzt werden.

## Zusammenfassung

Wir haben erkundet, wie wichtig der Ozean und die Kryosphäre sowohl für das Klimasystem als auch für die menschliche Gesellschaft sind, wie sie sich aufgrund des Klimawandels und anderer Faktoren schnell verändern und wie das wiederum Menschen und Ökosysteme beeinflusst. Wir haben schließlich die Frage gestellt, wie der Klimawandel bekämpft werden kann, und zwar sowohl die ihm zugrunde liegenden Ursachen (durch Klimaschutz) als auch seine Risiken und

Auswirkungen (durch Anpassung). Die folgenden Unterrichtspläne beleuchten die vorgestellten Konzepte im Detail. Sie zeigen Schülerinnen und Schülern auch auf, welche Rolle sie selbst, ihre Gemeinde oder Staaten spielen können, um den Klimawandel, die große Herausforderung des 21. Jahrhunderts, zu bekämpfen.





**PÄDAGOGISCHER ÜBERBLICK**  
FÜR LEHRENDE

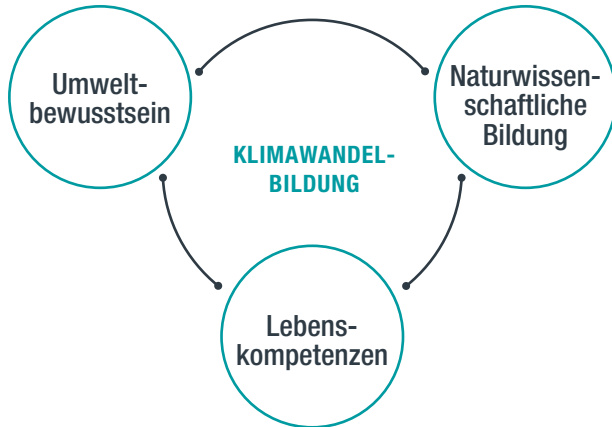
# PÄDAGOGISCHER ÜBERBLICK

## Verschiedene Perspektiven auf den Klimawandel

Der allgemeine Ansatz dieses Lehrerhandbuchs basiert darauf, Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung von Umweltbewusstsein, konzeptuellem naturwissenschaftlichem Verständnis und Kompetenzen zu unterstützen. Dieses Wissen und diese Fertigkeiten sind notwendig, damit sie die Ursachen, Folgen und Mechanismen verstehen, die dem Klimawandel zugrunde liegen. Wenn die Werte und Motivationen der Schülerinnen und Schüler hin zu einem nachhaltigeren Verhalten verändert werden können, werden das erlernte Wissen sowie die entwickelten Fähigkeiten wesentliche Instrumente bei der Umsetzung von effektiven Maßnahmen zu Anpassung und Klimaschutz sein.

Eine wirksame Klimabildung sollte folgende drei Bereiche thematisieren<sup>1</sup>:

- Umweltbewusstsein (Wissen um die Konsequenzen menschlichen Handelns);
- naturwissenschaftliche Bildung (die wichtigen Phänomene, um die es beim Klimawandel geht, sowie wissenschaftliche Vorgänge verstehen);
- die Entwicklung von Lebenskompetenzen (kritisches Denken, kreatives Denken, Entscheidungsfähigkeit, Probleme lösen, Selbstwahrnehmung, Mitgefühl, Widerstandsfähigkeit, Umgang mit Stress und Emotionen usw.).



Wir müssen ein Gleichgewicht zwischen diesen drei Säulen herstellen, wenn wir die jüngeren Generationen unterrichten. Den Lehrplan sollten wir nicht unbedingt in der Mitte (im Zentrum des Dreiecks) verorten (siehe Abbildung links). Eine ideale Schwerpunktlegung ist vielmehr von den Besonderheiten, dem örtlichen Kontext und den Bedürfnissen eines jeden Schülers, einer jeder Schülerin abhängig. Deswegen ist es unumgänglich, dass auch Lehrende ihre eigene kritische Sichtweise auf die vorgeschlagenen Unterrichtseinheiten mitbringen, obwohl diese an sich durchgeplant und bereit zur Umsetzung sind.

<sup>1</sup> Inspiriert durch die Arbeit von Rocha, M. L. (2019). Un regard sur l'éducation au développement durable à travers le prisme de l'évaluation. Masterarbeit.

# Wie ist dieses Handbuch zu verwenden?

Dieses Handbuch bietet einen detaillierten Leitfaden darüber, wie 10 bis 15-jährige Schülerinnen und Schüler über den Ozean und die Kryosphäre im Kontext des Klimawandels informiert werden sollen. Die Struktur jeder Unterrichtseinheit erlaubt es Lehrenden, ihre Schüler zu unterstützen, damit sie sich mit den unterschiedlichen Fragestellungen und Aktivitäten auseinandersetzen.

Für jede Unterrichtseinheit ist die ungefähre Dauer angegeben sowie eine Liste der notwendigen Materialien; einleitende Fragen, um eine Diskussion anzustoßen; Vorschläge, wie Schülerinnen und Schüler die Experimente/Fragestellungen durchführen können; potentielle Schwierigkeiten, die entstehen könnten sowie effiziente Maßnahmen, um aussagekräftige Schlussfolgerungen ziehen zu können. Alle Vorschläge für Experimente und Zusammenfassungen von Unterrichtseinheiten sind Beispiele. Wir möchten Sie dazu ermutigen, auf die Vorschläge Ihrer Schüler zu hören – für Experimente, Ideen und Schlussfolgerungen, solange diese die richtigen Antworten auf die Fragestellungen liefern.

Alle Unterrichtseinheiten wurden von Wissenschaftlern und Pädagogen überprüft und in verschiedenen Klassen und unterschiedlichen Bildungseinrichtungen und Ländern getestet.

Die Unterrichtseinheiten können und sollten an die Bedürfnisse individueller Klassen und Schulen angepasst werden. Sie müssen nicht Schritt für Schritt bearbeitet werden. Wir möchten Lehrende dazu anregen, die Inhalte je nach persönlichen Vorhaben und verfügbarer Zeit anzupassen.

Es gibt viele Möglichkeiten zur Anpassung:

- So viel wie möglich aus dem Interesse und den Fragen der Schüler herausholen (Meinungsaustausch, lokale Nachrichten usw.)
- Mit Schwierigkeiten bei der Umsetzung rechnen (z. B. fehlende Materialien oder mentale Blockaden der Schüler).
- Je nach Klassenstufe, unterschiedliche Teile der Unterrichtseinheit durchnehmen.

## Unterrichtsinhalte auswählen: Tipps und Handlungsstrang

**Zwei unterschiedliche Teile, gleicher Stellenwert**  
„Das Klima in unseren Händen – Ozean und Kryosphäre“ besteht aus zwei Teilen: „Wir verstehen“ und „Wir handeln“.

### „TEIL 1: WIR VERSTEHEN“

Die Unterrichtseinheiten in diesem Teil sind in vier aufeinanderfolgende Abschnitte aufgeteilt, die einem kohärenten Handlungsstrang folgen (siehe Details weiter unten).

In den Unterrichtseinheiten werden zum Beispiel folgende Fragen und Themen behandelt:

- Was ist der Klimawandel?
- Was sind die Ursachen des Klimawandels?
- Was sind seine Auswirkungen auf den Ozean und die Kryosphäre?
- Warum sind der Ozean und die Kryosphäre wichtig für uns?
- Was ist unser CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und warum müssen wir Maßnahmen für die Anpassung an den Klimawandel und für den Klimaschutz ergreifen?

Jeder Teil des Unterrichtsplans enthält einige „grundlegende“ Unterrichtseinheiten und einige „optionale“ Unterrichtseinheiten.

## „TEIL 2: WIR HANDELN“

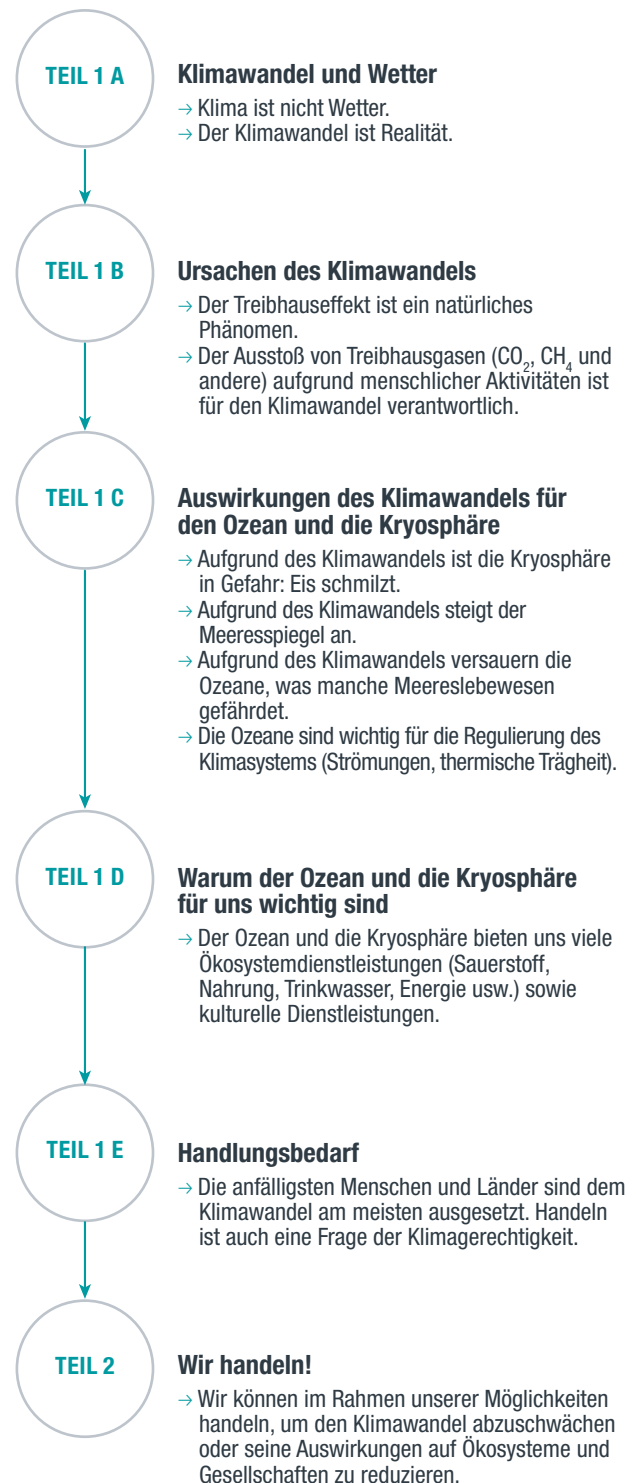
Dieser Teil ist kein Unterrichtsplan. Stattdessen soll die Klasse ein konkretes Projekt zur Anpassung bzw. zum Klimaschutz umsetzen. Es werden Projekte vorgeschlagen, die die Schülerinnen und Schüler umsetzen könnten. Die Projektbeispiele in Teil 2 unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Dauer (einige Stunden bis einige Monate!) und ihrer Art (Anpassung, Klimaschutz, Sensibilisierung usw.).

### → WICHTIG

Wir empfehlen dringend, dass Schülern Möglichkeiten geboten werden, die Aktivitäten und Nachforschungen in Teil 1 „Wir verstehen“ durchzuführen, bevor sie ein Projekt zur Anpassung und/oder zum Klimaschutz beginnen.

## HANDLUNGSSTRANG DES PROJEKTS

Hier ein schematischer und zusammenfassender Überblick des Projekts.



# Klimawandel aktiv unterrichten: forschendes und projektbasiertes Lernen

Dieses Handbuch setzt voraus, dass Schülerinnen und Schüler aktiv am Unterricht teilnehmen, um sich mit den Problemen des Klimawandels zu befassen: Sie stellen Fragen, experimentieren, beobachten, lösen Probleme nach der Versuch-und-Irrtum-Methode, debattieren und setzen vor Ort konkrete Lösungen um.

Dieses „aktive Lernen“ kann unterschiedliche Formen annehmen. Die beiden Ansätze, die wir in diesem Handbuch verfolgen, sind forschendes und projektbasiertes Lernen.

Manche Aktivitäten sind darauf ausgelegt, wissenschaftliche Hintergrundinformationen zu vermitteln und Schüler zu kritischem Denken anzuregen. Diese Einheiten verfolgen einen forschenden Lernansatz, wie das oft beim Unterrichten von MINT-Fächern der Fall ist. Andere zielen auf die konkrete Umsetzung von Projekten zur Anpassung an den Klimawandel oder zum Klimaschutz ab, die durch die Schüler, die Schule oder sogar lokale Gemeinschaften getragen werden. Diese Unterrichtseinheiten sind projektbasiert.

## WAS IST FORSCHENDES LERNEN?

Auch wenn es grob vereinfachend ist, forschendes Lernen auf ein fixes Modell herunterzubrechen, durchläuft dieser Ansatz gemeinhin drei Phasen:

1. **Fragestellung:** Lehrende oder Schüler beginnen, Fragen zu stellen, um später eine Hypothese formulieren zu können.
2. **Hypothese formulieren:** Diese Hypothese wird mithilfe von Experimenten, Untersuchungen, Beobachtungen oder einer dokumentenbasierten Recherche überprüft.
3. **Forschen und Wissen strukturieren,** was wiederum zu neuen Fragestellungen und weiterer Erforschung führt.



Französische Schüler prüfen, wie das Auflösen von  $\text{CO}_2$  im Wasser zu einem höheren Säuregehalt führt.

### PHASE 1: FRAGESTELLUNG

Ziel dieser Phase ist es, Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit zu geben, Fragen zu verschiedenen Phänomenen in ihrer Umgebung zu stellen. Der Prozess des Fragenstellens, das Ziehen von Vergleichen und Unterstreichen von Unterschieden führen zu einer Problemstellung, die die Schüler lösen müssen. Die Rolle der Lehrperson in dieser Phase ist, die Diskussion zu leiten, die dazu führen wird, dass Schüler sich eines Problems bewusst werden und sich überlegen, wie es gelöst werden könnte. Die Lehrperson sollte offene Fragen stellen, damit die Schüler ihr wissenschaftliches und kritisches Denken entwickeln können.

### PHASE 2: HYPOTHESE FORMULIEREN

Indem sie auf ihre Erfahrungen und/oder ihr Wissen zurückgreifen, können Schüler Erklärungen vorschlagen, die ihnen plausibel erscheinen. Diese führen zu den Schülertheorien. Damit ihre unterschiedlichen Hypothesen bestätigt oder verworfen werden können, erhalten sie die Gelegenheit, wissenschaftliche Experimente und/oder eine dokumentenbasierte Recherche anzustellen. Die Recherchephase wird dann eingeleitet, wenn die Notwendigkeit entsteht, die Glaubwürdigkeit einer Theorie zu testen.

Schüler können entweder allein oder als Teil einer Gruppe Ideen oder Theorien formulieren (was sie glauben, von einem bestimmten Phänomen zu wissen, zu verstehen und erklären zu können).



### PHASE 3: FORSCHEN UND WISSEN STRUKTURIEREN

Während dieser Phase arbeiten Schüler allein oder in kleinen Gruppen daran, Lösungsmöglichkeiten für das gewählte Problem zu finden.

Das bedeutet auch, dass die Hypothese getestet werden muss. Wenn es nicht möglich ist, sie durch Experimente, Modelle oder direkte Beobachtung zu testen, können eine dokumentenbasierte Recherche oder das Interviewen eines Experten/einer Expertin (z. B. der Lehrperson) den Schülern dabei helfen, ihre gewählte Hypothese zu bestätigen oder zu verwerfen.

Manchmal ist es notwendig, dass Schüler mehrmals zwischen den Schritten „Fragestellung“ und „Recherche“ hin- und herwechseln, bevor sie eine Lösung finden und neues Wissen konstruieren. Gruppendiskussionen und Diskussionen mit der ganzen Klasse spielen eine Schlüsselrolle bei der Strukturierung des Schülerwissens. Während der Diskussionen ist es die Rolle der Lehrperson, den Dialog zwischen den Schülern zu erleichtern.

Es ist wichtig, dass Schüler ihre Ergebnisse zusammenfassen. Wir empfehlen, dass den Schülern erlaubt wird, eigene Schlussfolgerungen zu formulieren, basierend auf der Arbeit während des Unterrichts. Das Klassenergebnis sollte dagegen idealerweise eine einvernehmliche Schlussfolgerung sein. Aber auch wenn sich alle einig sind, bedeutet das nicht, dass das Ergebnis korrekt ist. Wir können auch alle falsch liegen.

Ein wesentlicher, leider oft übersprungener Schritt für den forschenden Ansatz ist, das im Klassenzimmer entstandene Wissen (die Schlussfolgerungen der Klasse) mit dem etablierten Wissen zu vergleichen.

Beispiele für forschendes Lernen, wie es in diesem Handbuch angewendet wird:

- **Experiment.** In der Unterrichtseinheit C1 führen die Schüler ein Experiment durch, um festzustellen, dass das schmelzende Meereis nicht zum steigenden Meeresspiegel beiträgt, das Schmelzen der Gletscher und Eisschilde dagegen schon.
- **Dokumentenbasierte Recherche.** In der Unterrichtseinheit A1 führen Schüler eine dokumentenbasierte Recherche durch, um die Unterschiede zwischen Wetter und Klima festzustellen sowie die Faktoren, die beides beeinflussen.
- **Rollenspiel.** In der Unterrichtseinheit D2 spielen Schüler ein Rollenspiel, um das Konzept eines Nahrungsnetzes zu begreifen und um zu verstehen,

dass in Ökosystemen alle Lebewesen miteinander wechselwirken und voneinander abhängig sind.

### WAS IST PROJEKTBASIERTES LERNEN?

Auch projektbasiertes Lernen ist aktives Lernen. Es wurde zuerst am Anfang des 20. Jahrhunderts beschrieben (ursprünglich von John Dewey, der auch forschendes Lernen beschrieben hat) und lange Zeit ausschließlich in der Primarstufe angewendet, bevor es nach und nach auch auf die Sekundarstufe und die Hochschulen ausgeweitet wurde. Projektbasiertes Lernen ist eine Bildungsmethode, die wichtige Inhalte durch stringentes, relevantes und aktives Lernen vermittelt. Projekte werden normalerweise in offene Fragestellungen eingebettet, die dazu führen, dass Schüler Fragen stellen, recherchieren und ihre eigenen Lösungen entwickeln. Ein Beispiel: „Wie können wir den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck unserer Schule reduzieren?“

Der zweite Teil dieses Handbuchs wurde mithilfe dieses Ansatzes entwickelt, um den Schwerpunkt auf das Umsetzen konkreter Klimaschutzaktionen zu legen. Er fußt auf projektbasiertem Lernen, da sich Schüler tendenziell bereitwilliger für das Lösen von Problemen in der echten Welt engagieren.

Zu den wichtigsten Aspekten des projektbasierten Lernens zählen:

- Schüler arbeiten an einer komplexen Aufgabe (ein Problem, zu dem sie Fragestellungen entwickeln und Recherchen anstellen müssen, um diese zu beantworten). Ziel des projektbasierten Lernens ist es, Schüler dazu zu befähigen, ein Projekt, das sich aus verschiedenen Aufgaben zusammensetzt, umzusetzen und ein bestimmtes Problem zu lösen.
- Schüler führen (vom Klassenzimmer aus) praktische Recherchen durch, um unterschiedliche Sichtweisen auf ein bestimmtes Thema zusammenzutragen.
- Genügend Zeit einplanen, damit Schüler die Herausforderungen meistern und die Umsetzung außerhalb des Klassenzimmers schaffen können.
- Verstehen, dass das Projekt von den Schülern durchgeführt wird und nicht von der Lehrperson allein.
- Komplexe Aufgaben können in einfachere Unteraufgaben aufgeteilt werden, um den Schülern mehr Autonomie zu geben und ihnen zu ermöglichen, sich aktiv zu beteiligen.



Kambodschanische Schülerinnen pflanzen Mangroven.

Der wesentliche Vorteil des projektbasierten Lernens ist, dass Schüler in Kontexten lernen, die für sie von Bedeutung sind. Außerdem motiviert sie für gewöhnlich der praktische und lebensnahe Aspekt des Projekts. Sie entwickeln fächerübergreifende Kompetenzen, beispielsweise Entscheidungen zu treffen oder zu planen. Sie erkennen, dass Fehler machen und gescheiterte Versuche Teil des Lernprozesses sind und dass das Zurückgreifen auf die unterschiedlichen Fähigkeiten eines jeden einzelnen der Schlüssel zum Erfolg ist. Schlussendlich kann das Projektergebnis andere Klassen, Familien oder die Gemeinschaft inspirieren.

### DIE ROLLE DER LEHRPERSON BEI PROJEKTBASIERTEM LERNEN

Wie auch bei forschendem Lernen liegt der Fokus des projektbasierten Lernens auf Schüleraktivität. Die Rolle der Lehrperson ist es, dabei zu helfen, ein Projekt zu definieren, und sicherzustellen, dass dessen Ziele auch erreichbar sind. Wenn nötig, leitet er oder sie die Aktivität oder die Diskussion in die richtigen Bahnen, beaufsichtigt die Diskussionen und ist als Experte für die Fragen der Schüler zur Stelle.

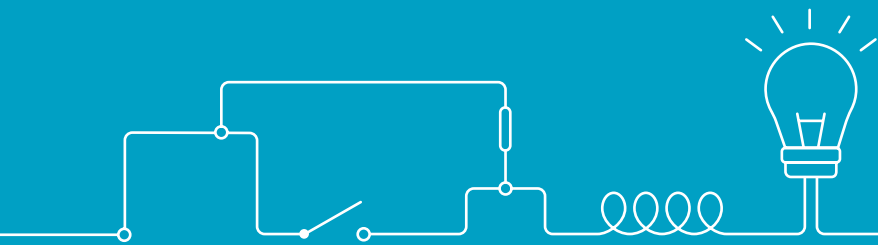
### WISSENSCHAFTLICHE KENNNTNISSE UND SPRACHERWERB

Schriftliche und mündliche Kommunikation ist ein zentrales Element für forschendes und projektbasiertes Lernen. Durch Schreiben gewinnt man einen gewissen Abstand, kann Gedanken klar formulieren und für alle verständlich machen. Schüler, die den forschenden Ansatz gerade erst entdecken, fällt es oft nicht leicht, zu schreiben. Es muss also geübt werden und das funktioniert, wenn Schüler die Sinnhaftigkeit einer Aufgabe erkennen. Alle schriftlichen Erzeugnisse in ihrer unterschiedlichen Form (Zeich-

nungen, Abbildungen, Bilderklärungen, beschreibende oder erklärende Texte) tragen zum Lernprozess bei. Es ist wichtig, dass die Lehrperson hinsichtlich des persönlichen Schreibprozesses keine autoritäre Rolle einnimmt (und zum Beispiel Fehler korrigiert). Die Lehrperson kann allerdings dabei helfen, das Geschriebene zu strukturieren.

- **Schüler schreiben für sich selbst.** Schreiben hilft Schülern dabei, zu handeln (ein Experiment auswählen, Entscheidungen treffen, planen, Ergebnisse antizipieren), zu lernen (Beobachtungen, Recherchen, Gelesenes notieren, Rückschau auf vorherige Aktivitäten) und zu verstehen (organisieren, sortieren, strukturieren, mit früher Geschriebenem vergleichen, gemeinsam Verfasstes neu formulieren).
- **Schüler schreiben für andere.** Schreiben erlaubt es, Schülern klarzumachen, was sie verstanden haben, sowie anderen Schülern oder Menschen außerhalb des Klassenzimmers (anderen Klassen, Familienmitgliedern usw.) Fragen zu stellen, zu erklären, was sie gemacht oder verstanden haben, zusammenzufassen, usw. Texte und Notizen können in zwei Kategorien eingeteilt werden: persönliche und gemeinsam verfasste.
- **Persönliche Texte** sind Teil des persönlichen Bereichs des Schülers, in dem er seine ersten Antwortentwürfe auf die gestellten Fragen niederschreibt, die Aktivitäten beschreibt, die später bei der Beantwortung helfen werden, Vorhersagen skizziert und Entwürfe für Berichte erstellt. Wenn die Lehrperson persönliche Texte liest, kann sie den individuellen Fortschritt jedes Schülers verfolgen.
- **Gemeinsam verfasste Texte** sind eine Synthese der Ideen und Vorschläge der Schüler – nach Diskussionen, Experimenten und Recherche. Diese Texte werden anschließend bewertet. Sie sollten von der Rechtschreibung und der Grammatik her korrekt sein und manchmal auch spezifisches Vokabular enthalten.





**WIR VERSTEHEN**  
UNTERRICHTSPLAN – TEIL I

# WIR VERSTEHEN #UNTERRICHT

Der erste Teil dieses Unterrichtsplans heißt „Wir verstehen“. Wie der Name sagt, soll er den Schülerinnen **essentiell**es Wissen beibringen, das sie brauchen, um:

- die **Grundlagen und Belege** des Klimawandels zu verstehen;
- die beim Klimawandel relevante **Physik** und die Rolle der Treibhausgase zu verstehen;
- zu verstehen, wie der **Ozean, die Kryosphäre und das Klimasystem** zusammenhängen, und folglich, wie der Klimawandel sich auf diese Systeme auswirkt;
- die Auswirkungen der beobachteten Veränderungen auf die **Ökosysteme** der Ozeane und der Kryosphäre und auf die **menschlichen Gemeinschaften**, die von ihnen abhängen, zu verstehen;
- die individuelle Rolle zu verstehen, die jeder Mensch/jede Bevölkerungsgruppe in Bezug auf den Klimawandel spielt, und um zu verstehen, dass die Menschen/Bevölkerungsgruppen hinsichtlich der Folgen des Klimawandels unterschiedlich stark **exponiert und vulnerabel** sind;
- die möglichen **Maßnahmen** zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel zu verstehen.

Alle vorgeschlagenen Ansätze basieren **auf wissenschaftlichen und aktuellen Kenntnissen**, die auf dem Verständnisniveau eines **Primar- und/oder Sekundarschülers präsentiert werden**. Die Unterrichtsstunden umfassen eine große Bandbreite an Aktivitäten: Experimente, Dokumentenanalyse, Rollenspiele, Debatten, Einsatz von interaktiven Aktivitäten und kurzen Videos. Die generelle Progression folgt der Methode des forschend-entdeckendem Lernens. Da Fragen zum Klimawandel per se interdisziplinär sind, sind auch die vorgeschlagenen Unterrichtsstunden entsprechend konzipiert. Sie umfassen naturwissenschaftliche Bereiche – wie Physik, Chemie, Biologie und Geologie –, Sozialwissenschaften – wie Geschichte, Geographie, Wirtschaft und Soziologie – und bildende bzw. darstellende Kunst.

Die Reihenfolge der vorgeschlagenen Unterrichtsstunden ist eine von vielen möglichen Reihenfolgen. **Sie können sie anpassen**, wie es für die Bedürfnisse, das Alter und den Hintergrund Ihrer Schüler am besten passt. Einige Unterrichtsstunden, die sogenannten „Kernunterrichtsstunden“, werden von uns als essentiell angesehen, damit die Schüler ein verständliches und überschaubares Bild von den erforschten



Phänomenen erlangen. Wenn Ihre Zeit für dieses Bildungsprojekt begrenzt ist, empfehlen wir Ihnen, mit den Kernunterrichtsstunden zu beginnen. „Optionale Unterrichtsstunden“ sollen den Lernenden ein tieferes Verständnis für die verschiedenen Probleme sowie eine breitere Sicht zum generellen Problem der Auswirkungen des Klimawandels auf den Ozean und die Kryosphäre vermitteln. Einige dieser „optionalen Unterrichtsstunden“ sind eher für fortgeschrittene Schüler gedacht.

„Optionale Unterrichtsstunden“ sollen den Lernenden ein tieferes Verständnis für die verschiedenen Probleme sowie eine breitere Sicht zum generellen Problem der Auswirkungen des Klimawandels auf den Ozean und die Kryosphäre vermitteln. Einige dieser „optionalen Unterrichtsstunden“ sind eher für fortgeschrittene Schüler gedacht.

Einige der Kernunterrichtsstunden umfassen auch Variationen (sehr oft der letzte Teil der Stunde oder Arbeitsblätter), damit sie besser an verschiedene Lernstände der Schüler angepasst werden können. In beiden Fällen **wissen Sie als Lehrperson am besten, wie Sie diesen Unterrichtsplan anzupassen haben**.

**ABSCHNITT A – WAS IST DER KLIMAWANDEL?** Kernunterrichtsstunden Optionale Unterrichtsstunden

<input checked="" type="radio"/>	A1	Klima und Wetter	Seite 39
<input checked="" type="radio"/>	A2	Belege für den Klimawandel	Seite 45

**ABSCHNITT B – WAS IST DER URSPRUNG DES KLIMAWANDELS?**

<input checked="" type="radio"/>	B1	Den Treibhauseffekt verstehen – mit einer Analogie	Seite 57
<input type="radio"/>	B2	Der Treibhauseffekt: Rollenspiel	Seite 60
<input type="radio"/>	B3	Menschen und Treibhausgase	Seite 62

**ABSCHNITT C – WELCHE FOLGEN HAT DER KLIMAWANDEL FÜR DEN OZEAN UND DIE KRYOSPHÄRE?**

<input checked="" type="radio"/>	C1	Tauende Kryosphäre und steigender Meeresspiegel	Seite 71
<input checked="" type="radio"/>	C2	Wärmeausdehnung des Ozeans und Anstieg des Meeresspiegels	Seite 79
<input checked="" type="radio"/>	C3	Die „weiße“ Kryosphäre und ihre Albedo	Seite 84
<input checked="" type="radio"/>	C4	Ozeanversauerung	Seite 88
<input type="radio"/>	C5	Meeresströmungen regulieren das Klima	Seite 92
<input type="radio"/>	C6	Die thermische Trägheit des Ozeans	Seite 96

**ABSCHNITT D – WARUM SIND DER OZEAN UND DIE KRYOSPHÄRE WICHTIG FÜR UNS?**

<input checked="" type="radio"/>	D1	Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemdienstleistungen	Seite 100
<input checked="" type="radio"/>	D2	Nahrungsnetze und Ökosysteme	Seite 106
<input type="radio"/>	D3	Der Mensch, der Ozean und die Kryosphäre	Seite 127

**ABSCHNITT E – WAS KÖNNEN WIR TUN?**

<input type="radio"/>	E1	Unser CO <sub>2</sub> -Fußabdruck	Seite 133
<input type="radio"/>	E2	Klimagerechtigkeit: Debatte	Seite 136
<input checked="" type="radio"/>	E3	Klimagerechtigkeit: Rollenspiel	Seite 140
<input checked="" type="radio"/>	E4	Weltweite Maßnahmen zur Anpassung und zum Klimaschutz	Seite 148

## ABSCHNITT A

# WAS IST DER KLIMAWANDEL?

Um den Klimawandel zu verstehen, müssen zwei wichtige Aspekte angesprochen werden: der Unterschied zwischen Klima und Wetter und die Mechanismen des Klimawandels. Der erste ist grundlegend, um die zeitlichen und räumlichen Maßstäbe des Klimasystems und seiner Veränderungen zu verstehen, und der zweite ist wichtig, damit die Schülerinnen und Schüler begreifen, dass der menschengemachte Klimawandel wirklich stattfindet.

Die beiden Unterrichtsstunden dieses Abschnittes bilden die Grundlage für alle folgenden Abschnitte. Ohne dieses Vorwissen ist die Kontextualisierung aller anderen Unterrichtsstunden viel schwieriger für die Schüler.

→ **In der ersten Unterrichtsstunde** lernen die Schüler, dass es auf der Erde **verschiedene Klimazonen** gibt und dass Klima und Wetter zwei unterschiedliche Dinge sind.

→ **Die zweite Unterrichtsstunde** liefert den Schülern wissenschaftliche und eindeutige Belege dafür, dass der Klimawandel stattfindet. Sie sollen lernen kritisch zu denken und insbesondere die Zuverlässigkeit von Informationsquellen zu bewerten. Beide Unterrichtsstunden bauen hauptsächlich auf einer Dokumentenrecherche und -analyse auf.

### LISTE DER UNTERRICHTSSTUNDEN

Kernunterrichtsstunden

Optionale Unterrichtsstunden

<input checked="" type="radio"/>	<b>A1</b>	<b>Klima und Wetter</b> <b>Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften</b> Die Schüler führen eine Dokumentenanalyse durch, um die Unterschiede zwischen Klima und Wetter zu verstehen.	<u>Seite 39</u>
<input checked="" type="radio"/>	<b>A2</b>	<b>Belege für den Klimawandel</b> <b>Naturwissenschaften</b> Die Schüler sammeln verschiedene Beispiele dafür, dass sich das Klima der Erde in den letzten Jahrzehnten verändert hat (globale Erwärmung, Meeresspiegelanstieg, schmelzende Gletscher und schrumpfendes Meereis, extreme Ereignisse, ...).	<u>Seite 45</u>

# UNTERRICHTSSTUNDE A1

## KLIMA UND WETTER

### FACH

Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 5 - 10 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler führen eine Dokumentenanalyse durch, um die Unterschiede zwischen Wetter und Klima zu verstehen.

### KERNIDEEN

- ~ Das Klima ist das durchschnittliche Wetter in einer bestimmten Region. Es hängt vor allem von Längen- und Breitengrad sowie von der Entfernung zum Ozean ab.
- ~ Das Wetter ist der Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort. Temperatur und Feuchtigkeit zählen zu den Variablen, die das Wetter bestimmen.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Klima, Wetter, Breitengrad, Höhe über dem Meeresspiegel, Temperatur, Feuchtigkeit

### FORSCHUNGSMETHODE

Dokumentenanalyse

## VORBEREITUNG 5 - 10 MIN

### MATERIAL

ARBEITSBLÄTTER A1.1, A1.2, A1.3 (eins pro Gruppe)

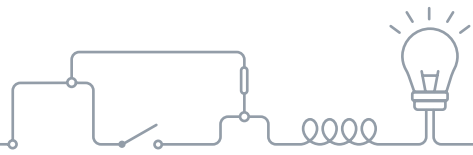
### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

Die ARBEITSBLÄTTER A1.1, A1.2, A1.3 ausdrucken (eins pro Gruppe von 3-4 Schülern).

Nutzen Sie wenn möglich einen Farbdrucker. Sie können auch die elektronische Version der Arbeitsblätter an die Wand projizieren. Die PDF-Versionen aller Arbeitsblätter sind auf der Webseite des Office for Climate Education erhältlich. Siehe [Seite 184](#).

### ➔ TIPP FÜR LEHRENDE

Die Schüler sollten geografische Grundkenntnisse mitbringen: Breitengrad, Höhe über dem Meeresspiegel, Niederschlag, ...



## EINFÜHRUNG 5 MIN

- ➔ **Fall 1: Sie leben in einem Teil der Welt, in dem es jahreszeitliche Klimaschwankungen gibt (Sommer/Winter oder nass/trocken):** Fragen Sie die Schüler: *Wie seid ihr heute angezogen? Tragt ihr ein T-Shirt oder einen Pullover? Kurze Hosen, einen Rock oder lange Hosen? Sandalen oder Schuhe?* Fragen Sie anschließend, ob sie gestern oder die Woche davor, letzten Monat oder in ihrem letzten Urlaub ähnlich gekleidet waren. *Wie wählt ihr eure Kleidung aus?*

Sie werden vermutlich antworten, dass die Kleiderwahl davon abhängt, ob es regnet oder die Sonne scheint, ob es kalt oder warm ist – ihre Entscheidung hängt vom Wetter ab. Führen Sie die Schüler zur Schlussfolgerung, dass **die beiden wichtigsten Parameter zur Beschreibung von Wetter die Temperatur und die Feuchtigkeit sind** und dass diese Parameter sich im Laufe des Jahres verändern. *Wie sieht es in den verschiedenen Regionen der Welt aus? Wie warm und feucht ist es dort?*

- ➔ **Fall 2: Sie leben in einem Teil der Welt ohne jahreszeitliche Klimaschwankungen:** *Ist das Wetter das ganze Jahr über gleich? Ist das Wetter so wie anderswo auf der Welt? Sind Temperatur und Niederschlag in anderen Regionen gleich?*

## DURCHFÜHRUNG 40 MIN

1. Teilen Sie die Klasse in Gruppen ein und geben Sie jeder Gruppe die Weltkarte und die Abbildungen auf den ARBEITSBLÄTTERN A1.1, A1.2, A1.3.
2. Erteilen Sie folgenden Arbeitsauftrag: *Jede Zahl auf der Karte passt zu einem Foto. Seht euch jedes Foto genau an und legt es auf die dazugehörige Zahl. Schreibt auf, welche Merkmale der fotografierten Landschaft euch dazu bewegt haben, dass ein Foto zu dieser Zahl gehört und nicht zu einer anderen.*



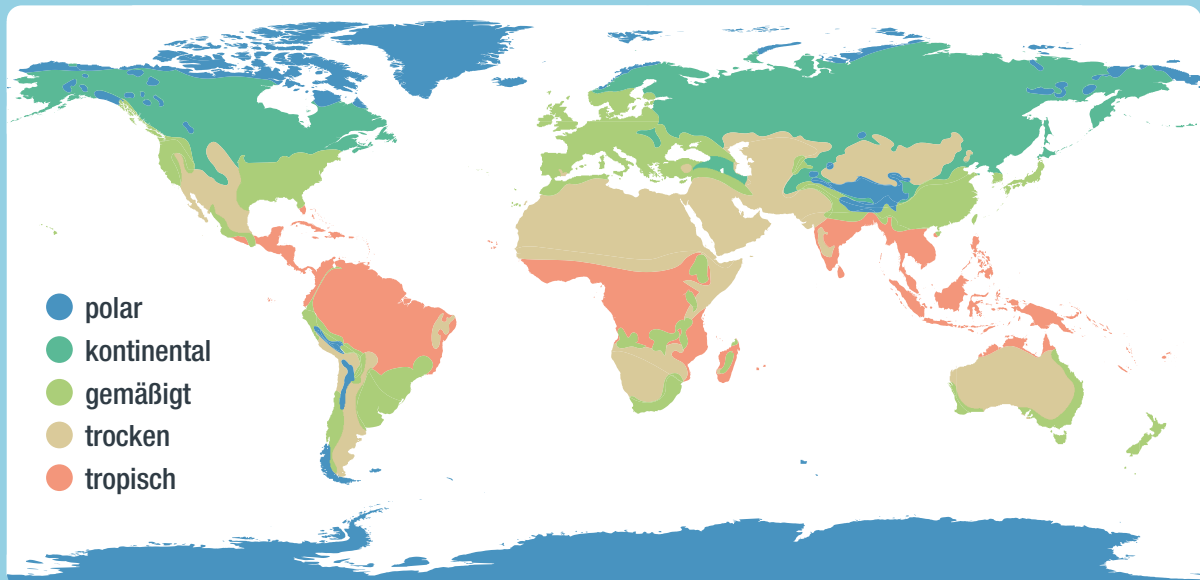
## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Das Wetter ist der Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort und zu einem bestimmten Zeitpunkt. Elemente des Wetters sind: Sonnenschein, Regen, Wolkendecke, Wind, Hagel, Schnee, Gewitter, Hitzewellen usw. Wir definieren das Wetter oft mithilfe verschiedener Parameter, wie etwa **Temperatur, Feuchtigkeit, Niederschlag, Bewölkungsgrad, Wind und atmosphärischer Druck**. An den meisten Orten der Welt kann sich das Wetter stündlich, täglich oder von einer Jahreszeit zur nächsten ändern.

Der Unterschied zwischen **Klima** und **Wetter** hat mit der Länge des in Betracht gezogenen Zeitraums zu tun. Das Klima ist das durchschnittliche Wetter über einen längeren Zeitraum hinweg. Das

Klima ist also der Durchschnittszustand der Atmosphäre über Monate, Jahre, Jahrzehnte, Jahrhunderte und länger. Für jeden Ort auf der Welt tragen geografische Faktoren, wie etwa **der Breitengrad, die Höhe über dem Meeresspiegel, die Topografie, die Entfernung zu großen Gewässern** (Ozean, See) und die **Lage auf dem Kontinent** (z. B. Ost oder West) zum Klima bei (weitere Details dazu finden Sie auf den Seiten 8-11 des wissenschaftlichen Überblicks).

Es gibt verschiedene Klassifikationssysteme, um das Klima einer Region zu beschreiben. Eines der gebräuchlichsten ist die Klimaklassifikation nach Köppen, die fünf große Klimatypen umfasst: **tropisch, trocken, gemäßigt, kontinental** und **polar**.



Klimaklassifikation nach Köppen

Bei dieser Aktivität müssen Schüler die Fotos beschreiben und erklären, warum sie ihrer Meinung nach in eine bestimmte Klimazone passen. Für das Foto mit der Wüste zum Beispiel: trockene Landschaft, keine Pflanzen (oder nur spezifische Pflanzen). Ziel ist es, die wesentlichen Merkmale zu erkennen, die das Klima ausmachen: Temperatur und Niederschlag (die von der Höhe über dem Meeresspiegel abhängen), Breitengrad, Entfernung zum Ozean usw.

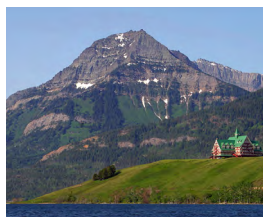
3. Bitten Sie nach ca. 15 Minuten die Gruppensprecher zur Tafel zu kommen. Sie sollen je zwei Fotos auf der Weltkarte platzieren und erklären, warum die

Gruppe glaubt, dass die beiden Landschaften zu den beiden Zahlen passen. Schreiben Sie die Hauptargumente der Schüler an die Tafel.

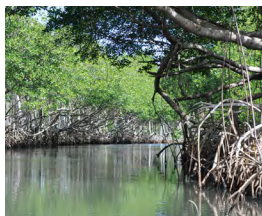
Abschließend wird jede Zuordnung mit der ganzen Klasse besprochen. Wenn sie sich nicht einigen können, können die Schüler entsprechende Bücher zu Rate ziehen – ein Atlas beispielsweise – oder im Internet nachsehen. Weisen Sie auf die wesentlichen Begriffe hin, die während der Diskussion zur Sprache kommen: **Temperatur, Niederschlag, Entfernung zum Ozean, Wind, Breitengrad, Höhe über dem Meeresspiegel** (Geografie im Allgemeinen). All diese Faktoren beeinflussen das Klima.



1. Fließender Gletscher, polares Klima, Antarktis



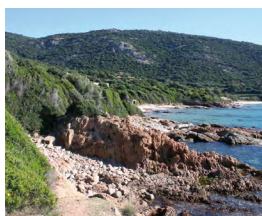
2. Berg, kontinentales Klima, Kanada



3. Mangroven, tropisches Klima, Dominikanische Republik



4. Reisfeld, tropisches Klima, Java, Indonesien



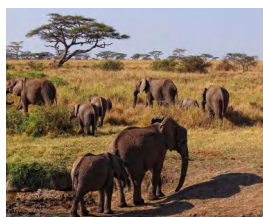
5. Mittelmeerküste, gemäßigtes Klima, Frankreich



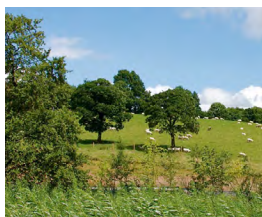
6. Laubwald, gemäßigtes Klima, Vermont, USA



7. Meereis, polares Klima, Svalbard, Norwegen



8. Savanne, tropisches Klima, Tansania



9. Weideland, gemäßigtes Klima, Irland



10. Regenwald, tropisches Klima, Thailand



11. Kleine Insel, tropisches Klima, Tuvalu



12. Wüste, trockenes Klima, Australien

➔ TIPP FÜR LEHRENDE

Wenn Sie Zugang zum Internet haben, könnten Sie die aktuellen und/oder durchschnittlichen Temperaturen für all die markierten Orte/Regionen heraussuchen und die Schüler raten lassen, wie warm es an den verschiedenen Orten ist. Dafür müssen sie den Breitengrad, die Klimazonen, die Jahreszeit, die Höhe über dem Meeresspiegel und den Zeitunterschied (Tag/Nacht) berücksichtigen.

4. Helfen Sie den Schülern, eine Zusammenfassung zu schreiben, in der eine Verbindung zwischen den Merkmalen der Fotos und den Klimazonen hergestellt und die geografische Verteilung der Klimazonen beschrieben wird. Betonen Sie die Klimavielfalt auf der Erde. Fragen Sie: *Wie ist das Klima in unserer Region?*

NACHBEREITUNG 15 MIN

Helfen Sie den Schülern, sich auf eine gemeinsame Zusammenfassung zu einigen. Zum Beispiel: *Das Klima ist das durchschnittliche Wetter einer bestimmten Region, während das Wetter der Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort ist. Es gibt viele unterschiedliche Klimata auf der Erde, in der bestimmte Temperaturen und eine bestimmte Feuchtigkeit herrschen, die vom Breitengrad, der Höhe über dem Meeresspiegel, der Lage auf dem Kontinent (z. B. östlich oder westlich) und der Entfernung zum Ozean abhängen.*

# ARBEITSBLATT A1.1



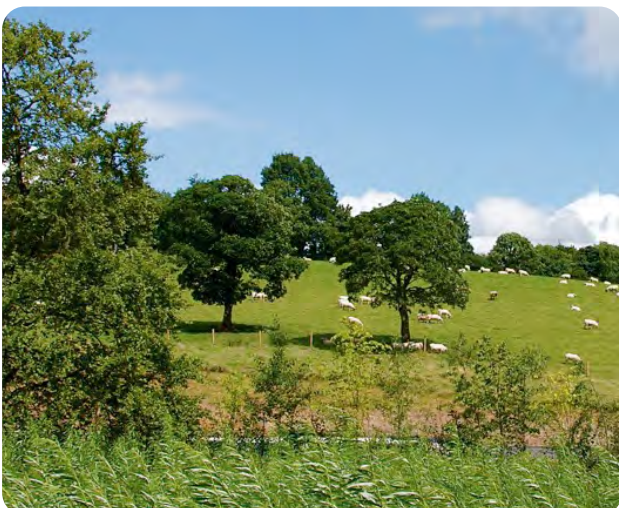
Jede Zahl auf der Weltkarte entspricht einem Foto aus dem ARBEITSBLATT A1.2 oder dem ARBEITSBLATT A1.3.



# ARBEITSBLATT A1.2



Jedes Foto entspricht einer Zahl auf der Weltkarte im ARBEITSBLATT A1.1.



# ARBEITSBLATT A1.3



Jedes Foto entspricht einer Zahl auf der Weltkarte im ARBEITSBLATT A1.1.



# UNTERRICHTSSTUNDE A2

## BELEGE FÜR DEN KLIMAWANDEL

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 5 + 10 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler sammeln verschiedene Beispiele dafür, dass sich das Klima der Erde in den letzten Jahrzehnten verändert hat (globale Erwärmung, Meeresspiegelanstieg, schmelzende Gletscher, schrumpfendes Meereis, extreme Ereignisse, ...).

### KERNIDEEN

- ~ Es ist normal, dass das Klima schwankt, von einem Jahr zum nächsten oder im Abstand von Millionen von Jahren.
- ~ Die Temperaturen der Atmosphäre und des Ozeans steigen.
- ~ Die Häufigkeit und/oder Intensität von Naturkatastrophen – wie etwa Hitzewellen, Stürme, tropische Wirbelstürme und Hochwasser – verändert sich.
- ~ Nicht alle Informationsquellen sind zuverlässig. Wir müssen unsere Quellen immer überprüfen.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Globale Erwärmung, extreme Wetterereignisse, kontinuierliche Veränderung, lange Zeiträume, wissenschaftliche Daten

### FORSCHUNGSMETHODE

Dokumentenanalyse

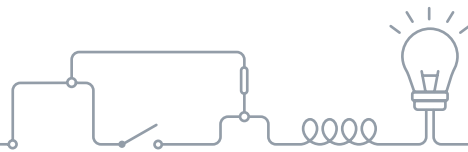
## VORBEREITUNG 15 MIN

### MATERIAL

ARBEITSBLÄTTER A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A2.6, A2.7, A2.8 (eins pro Gruppe)

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. **Am Ende der vorhergehenden Stunde** bitten Sie die Schüler, „Belege“ für den Klimawandel zu sammeln, bzw. das, was sie für „Belege“ halten: Aussagen älterer Personen (Eltern, Großeltern, andere Mitglieder der Gemeinde) darüber, wie sich das Klima seit ihrer Kindheit verändert hat; Interviews; Zeitungsartikel; Posts in den sozialen Medien; andere Medienquellen, die sich mit dem Klimawandel befassen, usw.



2. Drucken Sie die **ARBEITSBLÄTTER A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A2.6, A2.7, A2.8** aus und geben Sie den Gruppen das Arbeitsblatt bzw. die Arbeitsblätter, das/die am ehesten mit ihren eigenen „Belegen“ übereinstimmen.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

In dieser Unterrichtsstunde sollten zwei potenzielle Verständnishürden mitbedacht werden:

- Die Zeiträume des Klimawandels: Es kann schwierig sein, sich die langen Zeiträume, innerhalb derer der Klimawandel passiert, vorzustellen. Für junge Schüler mögen 50 Jahre wie eine Ewigkeit erscheinen. Veränderungen innerhalb sehr langer Zeiträume sind für sie nur schwer greifbar. Außerdem finden viele Veränderungen kontinuierlich statt und sind daher nur schwer zu erkennen.
- Die Tatsache, dass der Klimawandel ein weltweites Phänomen ist: Selbst in Zeiten der Globalisierung und sozialer Netzwerke nehmen junge (und oft auch alte!) Menschen nur jene Ereignisse wahr, die direkt mit ihrem eigenen Leben zu tun haben. Veränderungen und Ereignisse in anderen Teilen der Welt sind zu weit entfernt, um real zu sein. Als Lehrperson können Sie zunächst Ereignisse anführen, zu denen die Schüler einen Bezug haben, die vor ihrer Tür und heute stattfinden. Später können globalere Veränderungen und Veränderungen über einen größeren Zeitraum besprochen werden. Am besten beginnt man mit konkreten Beispielen, die die Schüler anbringen.

Bei manchen Arbeitsblättern müssen Diagramme interpretiert werden. Planen Sie also Zeit ein, wenn Ihre Schüler zum ersten Mal mit dieser Aufgabenart konfrontiert sind.

## EINLEITUNG 5 MIN

Bitten Sie die Schüler, kurz ihre „Belege“ der Klasse zu präsentieren. Teilen Sie dann die Schüler in Gruppen ein: Schüler mit ähnlichen „Belegen“ für den Klimawandel sollten in derselben Gruppe sein.

## DURCHFÜHRUNG 40 MIN

1. Wählen Sie für jede Gruppe das Arbeitsblatt oder die Arbeitsblätter aus, das/die am besten zu ihren mitgebrachten „Belegen“ passt/passen.

Beispiel: Eine Schülerin hat die Schilderung ihres Großvaters mitgebracht. Dieser erinnert sich daran, dass es, als er ein Kind war, in seiner Heimatstadt jedes Jahr geschneit hat, heutzutage aber nur noch in den Bergen. Diese Schülerin sollte in einer Gruppe

sein, deren „Belege“ mit der globalen Erwärmung zu tun haben. Geben Sie dieser Gruppe Abbildungen/ Artikel über Temperaturveränderungen oder den Rückgang der Gletscher.

2. Bitten Sie jede Gruppe, die „Belege für den Klimawandel“, die sie mitgebracht haben, zu analysieren. Mithilfe ihrer neu erworbenen Kenntnisse sollen sie entscheiden, welche Ereignisse/Informationen mit dem Klimawandel zu tun haben, und welche mit dem Wetter.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Wie bereits auf den Seiten 8-11 des wissenschaftlichen Überblicks beschrieben, ist es ganz natürlich, dass das Klima auf der Erde schwankt. Der Ausdruck „**Klimawandel**“ wird daher meist als Synonym für den anthropogenen Klimawandel gebraucht, also jene Veränderungen im Klimasystem, die auf menschliche Aktivität seit der industriellen Revolution zurückzuführen sind (siehe die Seiten 14-15 des wissenschaftlichen Überblicks sowie die Hintergrundinformationen für Lehrende der Unterrichtsstunde B3 für mehr Informationen über den anthropogenen Klimawandel). Der Klimawandel wird auf verschiedene Arten und über verschiedene Zeiträume hinweg sichtbar: einerseits durch **Veränderungen von einzelnen, kurzzeitigen extremen Wetterereignissen** wie etwa Wirbelstürmen, und andererseits durch **kontinuierliche Veränderungen** über Jahrzehnte hinweg, wie etwa dem Anstieg des Meeresspiegels. Diese Veränderungen können einander beeinflussen und verstärken (z. B. schwere Überschwemmungen nach einer Sturmflut, die durch den langfristigen Anstieg des Meeresspiegels verschlimmert werden).

Wenn vom Klimawandel die Rede ist, bezieht man sich meistens auf die Konsequenz für unseren Planeten: **die globale Erwärmung**. Damit ist der Anstieg der durchschnittlichen Oberflächentemperatur des gesamten Planeten gemeint. Man kann sich auch die Geschwindigkeit anschauen, mit der die globale Temperatur angestiegen ist: Seit der industriellen Revolution hat die Temperatur stetig zugenommen.

Wissenschaftler stützen sich auf verschiedene Belege, um den Klimawandel und dessen Auswirkungen zu untersuchen. In dieser Unterrichtsstunde werden einige Beispiele vorgestellt. Der Rückgang

von Meereis und Gletschern lässt sich leicht mit dem bloßen Auge erkennen, oder mithilfe von Satellitenbildern und Fotos. Über den Anstieg des Meeresspiegels geben Pegelmessungen vor Ort und Höhenmessungen durch Satelliten Auskunft. Mit Thermometern und Niederschlagsmessern werden Temperatur und Niederschlag gemessen. Die Veränderungen der räumlichen Verteilung von Tier- und Pflanzenarten, die bestimmte klimatische Bedingungen benötigen, ist eine weitere Möglichkeit, den Klimawandel zu beobachten. Ein Tier, das kühle Temperaturen benötigt, um zu überleben, muss beispielsweise weiter nach Norden oder in höhere Gebiete ziehen. Andere Arten, die den Winter in einer bestimmten Region zuvor nicht überleben konnten, haben nun keine Probleme damit (z. B. die asiatische Tigermücke in Europa). Die Veränderung von Blüte- und Erntezeiten sind weitere Indikatoren, genauso wie die Veränderung der Dicke der Jahressringe von Bäumen. Durch die Untersuchung von Eisbohrkernen können Veränderungen in der Konzentration verschiedener Gase in der Atmosphäre bestimmt werden: Die Zusammensetzung der Luftblasen, die in den Eisschichten eingefangen sind, gibt Auskunft über vergangene Klimata. In Sedimentkernen kann man sich die Reste von Organismen und Pollen anschauen – auch sie geben Aufschluss über Klimaveränderungen.

Dies sind nur einige Beispiele der unterschiedlichen Belege, die zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt und allen Fachrichtungen nutzen, um den Klimawandel zu beobachten, zu messen und zu verstehen, und um zum Schluss zu kommen, dass **menschliche Aktivität**, und vor allem der Ausstoß des Treibhausgases CO<sub>2</sub> (siehe Unterrichtsstunde B1, Seite 60), die Ursache für den Klimawandel ist.

3. Ein Schüler aus jeder Gruppe teilt anschließend die Erkenntnisse seiner Gruppe der Klasse mit und begründet diese. Zeichnen Sie an der Tafel eine Tabelle: die erste Spalte listet die „Belege“ auf, die zweite, ob der Beleg mit dem Wetter oder dem Klima zusammenhängt. Am Ende (und basierend auf den Informationen der vorherigen Stunde) sollten die Schüler verstanden haben, dass das **Wetter ein bestimmter Zustand der Atmosphäre ist**, zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort, **während das Klima das durchschnittliche Wetter ist**. Manchmal verändert sich das Wetter täglich (selbst während eines Tages!), wohingegen das Wetter an einem bestimmten Tag nicht ausreicht, um das Klima eines Ortes oder einer Region zu beschreiben.

4. Die Schüler erhalten wissenschaftliche Belege dafür, dass sich das Klima an vielen Orten der Welt verändert. Geben Sie jeder Gruppe einen der Belege für den Klimawandel aus den **ARBEITSBLÄTTERN A2.1, A2.2, A2.3, A2.4, A2.5, A2.6, A2.7, A2.8 – passend zu den Belegen an der Tafel**.

Fordern Sie die Gruppen dazu auf, die Dokumente zu analysieren:

- Welche Art von Veränderung wird gezeigt (Temperatur, Meeresspiegel usw.)?
- Warum hat das mit dem Klima zu tun und nicht mit dem Wetter (den Zeitraum der gemessenen Daten beachten)?
- Was sind die Quellen dieser Dokumente (IPCC, NASA usw.)? Sind diese Quellen vertrauenswürdig?

5. Nachdem jede Gruppe ihr Dokument besprochen und analysiert hat, präsentiert ein Gruppensprecher den anderen Gruppen die Ergebnisse. Die Schüler sollten erkennen, dass die unterschiedlichen Artikel und Abbildungen aus unterschiedlichen Informationsquellen stammen.

### NACHBEREITUNG 15 MIN

Stellen Sie abschließend fest, dass es handfeste wissenschaftliche Beweise für den Klimawandel gibt. Die Auswirkungen des Klimawandels auf verschiedene Regionen der Welt sind unterschiedlich (Anstieg des Meeresspiegels, Migration von Tieren, Rückgang der Schneedecke, höhere Temperaturen usw.). Sprechen Sie darüber, wie wichtig es ist, die Zuverlässigkeit von Quellen zu überprüfen. Sie können zum Beispiel den Weltklimarat (IPCC) als eine der zuverlässigsten Informationsquellen zum Klimawandel nennen.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Auf der Webseite des Office for Climate Education finden Sie speziell für Lehrende erstellte Zusammenfassungen der neuesten IPCC-Berichte (siehe Seite 184).



Schüler analysieren Daten zur jährlichen Veränderung des Niederschlags.

### OPTIONALE VERLÄNGERUNG 1 (1 STUNDE) – BUILD YOUR OWN EARTH

Die Schüler können das interaktive Tool “Build your own Earth” (<http://www.buildyourownearth.com>) ausprobieren. Damit können verschiedene Szenarien der Entwicklung der Treibhausgasemissionen durchgespielt werden. Die Auswirkungen auf das Klima und die Erdsysteme (Atmosphäre, Eis, Land und Ozean) sind je nach Szenario sehr unterschiedlich. Für Sekundarschüler ist auch der En-ROADS-Simulator sehr geeignet: <https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html>.

### OPTIONALE VERLÄNGERUNG 2 (1 STUNDE) – FAKE NEWS UND KRITISCHES DENKEN

Sie können eine Unterrichtsstunde dranhängen, in der die Schüler lernen, wie man die Zuverlässigkeit einer Informationsquelle prüft. Was den Klimawandel betrifft, zählen die Berichte des Weltklimarats (IPCC), die von zahlreichen Wissenschaftlern verfasst und gründlich überprüft wurden, zu den zuverlässigsten Informationsquellen.



## ARBEITSBLATT A2.1



Die beiden Abbildungen zeigen die arktische Meereisdecke im September (am Ende des Sommers in der nördlichen Hemisphäre) im Jahr 1979 und im Jahr 2015.

→ Beschreibt, was euch auffällt.



Quelle: NASA – <https://svs.gsfc.nasa.gov/4435>

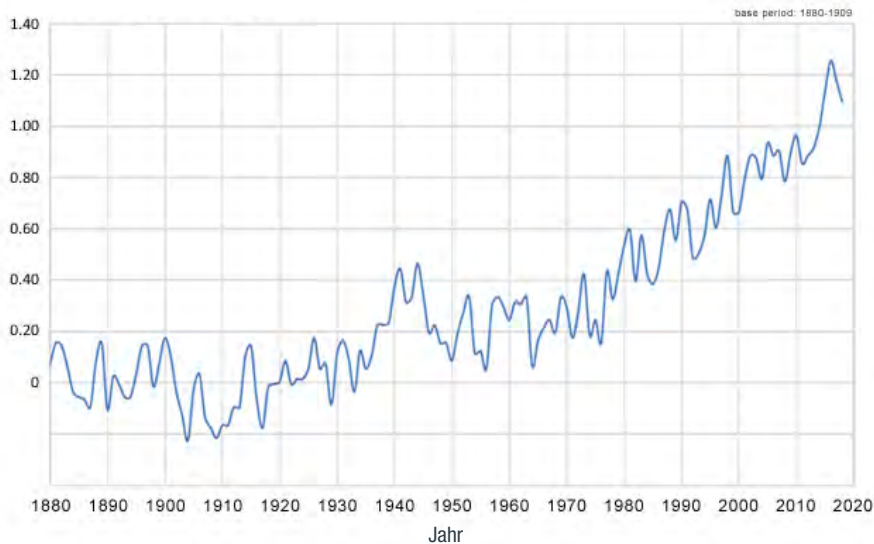
## ARBEITSBLATT A2.2



Die beiden Grafiken zeigen die globale Erwärmung und die Entwicklung des Meeresspiegels (bezogen auf einen Referenzwert – der Wert „null“ entspricht dem Wert zu Beginn der industriellen Revolution).

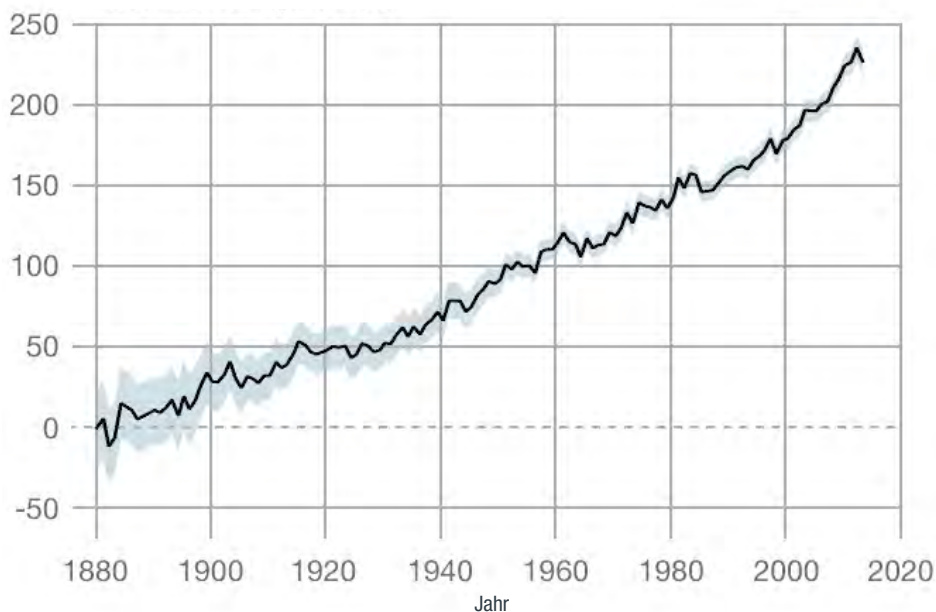
➔ Beschreibt, was euch auffällt.

### GLOBALE ERWÄRMUNG IN °C



Quelle: Daten von der NASA – [https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata\\_v4/GLB.Ts+dSST.txt](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v4/GLB.Ts+dSST.txt)

### VERÄNDERUNG DES MEERESSPIEGELS IN MM



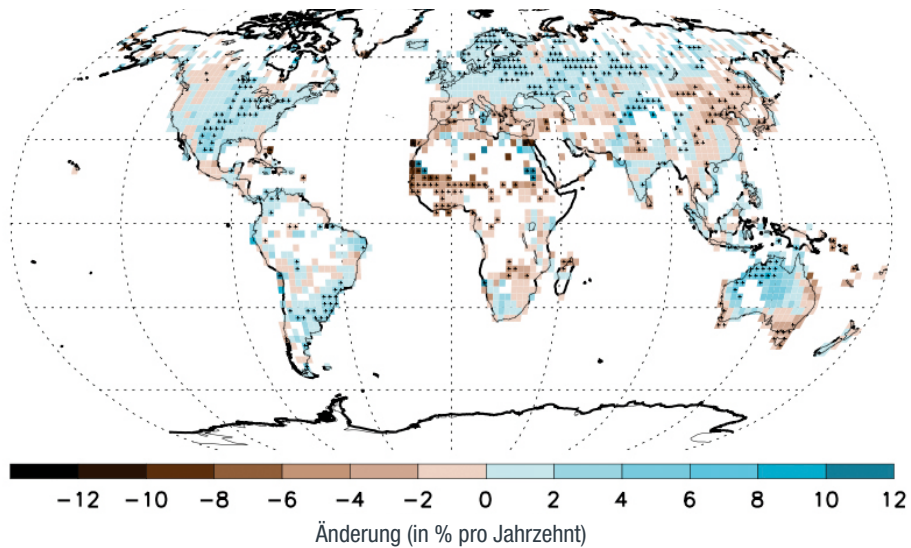
Quelle: Daten von der NASA – <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>



Die beiden Abbildungen zeigen die Entwicklung des mittleren Niederschlags (zwischen 1951 und 2010) und der mittleren Temperatur (zwischen 1950 und 2018).

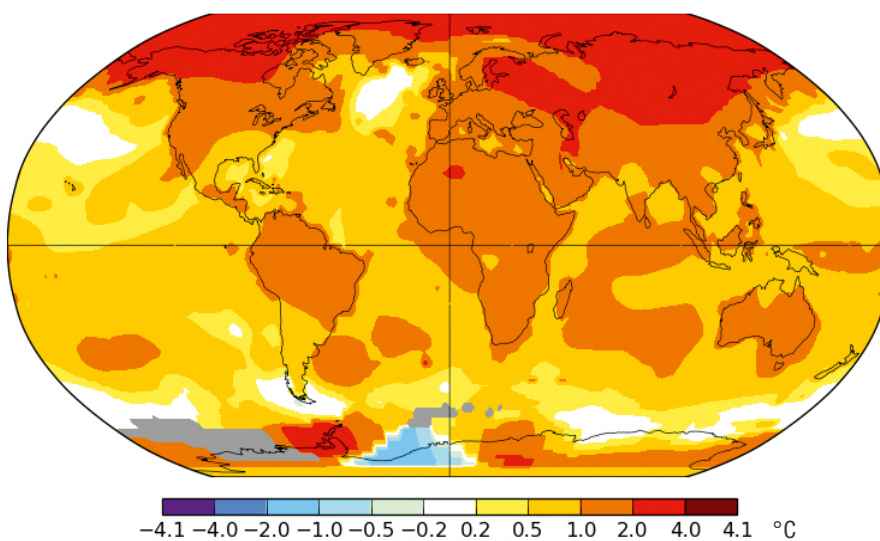
➔ Beschreibt, was euch auffällt.

## VERÄNDERUNGEN DER NIEDERSCHLAGSMENGE AN LAND ZWISCHEN 1951 UND 2010



Quelle: IPCC Assessment Report 5 – WG1

## ÄNDERUNG DER JÄHRLICHEN OBERFLÄCHENTEMPERATUR ZWISCHEN 1950 UND 2018



Quelle: NASA – [https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/index\\_v4.html](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/index_v4.html)



Seht euch die beiden Dokumente an und beantwortet folgende Fragen:

- ➔ Was verraten sie darüber, wie sich die Gletscher verändert haben?
- ➔ Ist es ein lokales oder ein globales Phänomen?



**Muir-Gletscher, Alaska: 13. August 1941 und 31. August 2004**

Quelle: NASA - [https://climate.nasa.gov/climate\\_resources/4/graphic-dramatic-glacier-melt/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/4/graphic-dramatic-glacier-melt/)

## WIE VIEL EIS VERLIEREN WIR?



### 303 GIGATONNEN EIS HAT DER GRÖNLÄNDISCHE EISSCHILD SEIT 2014 VERLOREN

Wie viel Wasser ist dadurch in unsere Ozeane geflossen? Ein olympisches Schwimmbecken ist 25 Meter breit, 2 Meter tief und 50 Meter lang. Damit 303 Gigatonnen in das Becken passen, müsste es 6 Milliarden Meter lang sein. Dieses Schwimmbecken würde 16-mal zum Mond und wieder zurück reichen. Wenn der Schwimmer Michael Phelps seine Rekordgeschwindigkeit beibehalten würde, bräuchte er 98,9 Jahre, um eine Länge dieses fiktiven Beckens zu schwimmen. Der Grönländische Eisschild enthält genügend Eis, um den Meeresspiegel um etwa 7 Meter ansteigen zu lassen.

### 118 GIGATONNEN EIS HAT DIE ANTARKTIS SEIT 2014 VERLOREN

Der Antarktische Eisschild bedeckt 14 Millionen Quadratkilometer, eine Fläche, die größer ist als die USA und Indien zusammengefasst. Er enthält genügend Eis, um den Meeresspiegel um etwa 58 Meter ansteigen zu lassen. Der Westantarktische Eisschild ist die größte Bedrohung hinsichtlich des ansteigenden Meeresspiegels. 2014 stellten zwei Studien fest, dass die Gletscher der Region im Begriff sind zu schmelzen; sie konnten allerdings nicht einschätzen, wie lange dies dauern wird.



### INZWISCHEN IN ALASKA ...

Untersuchungen aus der Luft von 116 Gletschern in Alaska und Kanada zwischen 1994 und 2013 zeigen einen Verlust von 75 Milliarden Tonnen Eis pro Jahr. Das genügt, um den Bundesstaat Alaska alle sieben Jahre mit 30 cm Wasser zu bedecken.

### DIE LETZTEN NEUIGKEITEN

Wissenschaftler schätzen, dass Grönland im Zeitraum von April 2002 bis August 2016 durchschnittlich 287 Gigatonnen Eis pro Jahr verloren hat. Die Antarktis hat im gleichen Zeitraum 125 Gigatonnen Eis verloren.

### Wie viel Eis verlieren wir?

Quelle: NASA - [https://climate.nasa.gov/climate\\_resources/125/infographic-sea-level-rise/](https://climate.nasa.gov/climate_resources/125/infographic-sea-level-rise/)



Lest den folgenden Artikel, der in ‚The Conversation‘, einem gemeinnützigen unabhängigen Online-Nachrichtenmagazin erschienen ist und beantwortet folgende Fragen:

- ➔ Wo befindet sich die „Mer de Glace“ (wortwörtlich: das Eismeer)?
- ➔ Was geschah zwischen 1909 und 2017?
- ➔ Haltet ihr das für ein lokales oder ein globales Phänomen?

## THE CONVERSATION

Akademische Seriosität, journalistischer Spürsinn



Universität Dundee, vom Autor zur Verfügung gestellt

### Was ein Jahrhundert Klimawandel mit Frankreichs größtem Gletscher angerichtet hat

15. März 2018, 15:16 MEZ

Am 8. August 1909 flog der Schweizer Flugpionier **Eduard Spelterini** einen gasgefüllten Ballon von der französischen Stadt Chamonix in die Schweiz – wie ein menschgewordenes Google Earth – und legte eine Strecke von 100 Meilen über die Alpen zurück. Der Flug war schon allein deshalb außergewöhnlich, weil es sich um die erste Luftüberquerung der Zentralalpen von West nach Ost handelte. Zusätzlich dazu wird ihm heute eine Bedeutung zuteil, mit der Spelterini nicht rechnen konnte: Der Ballonfahrer war auch Fotograf und fertigte eine Reihe von **Fotos des „Mer de Glace“** (Eismeer) genannten Gletschers an, der unterhalb des **Mont-Blanc-Massivs** in einer eleganten Kurve talwärts fließt.

Spelterinis Interesse, die Alpenlandschaft fotografisch festzuhalten, war sowohl wissenschaftlicher als auch ästhetischer Natur, und die Ergebnisse sind beeindruckend. Die Fotos dienen heute als einzigartige Dokumentation des Gletschers, einzigartig sowohl hinsichtlich ihrer Detailliertheit als auch ihres Alters. Vor allem aber kann mit ihrer Hilfe gemessen werden, wie sehr sich der Gletscher in den darauffolgenden Jahren verändert hat. 1909 konnte niemand ahnen,

#### Autor

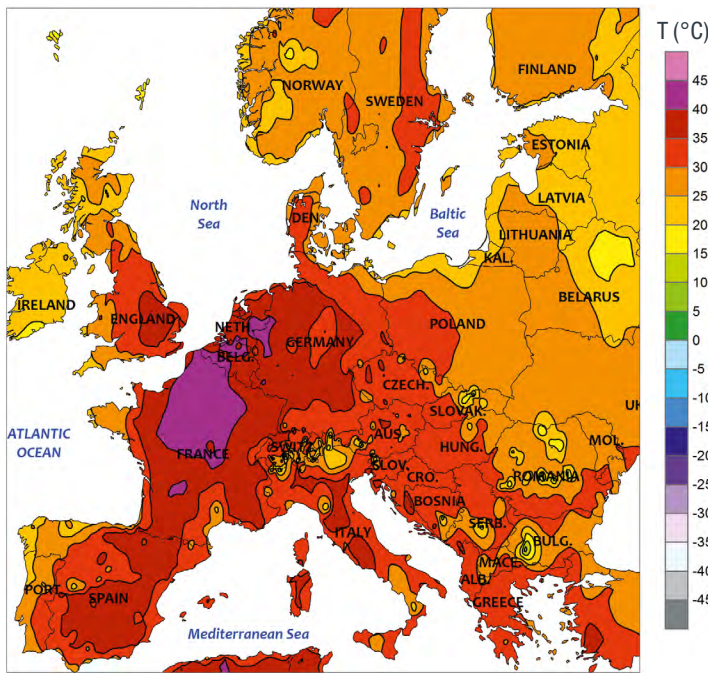


**Kieran Baxter**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter,  
3DVisLab, Duncan of Jordanstone  
College of Art and Design,  
University of Dundee



Seht euch die beiden Abbildungen an und beantwortet die folgenden Fragen:

- ➔ Was ist ein extremes Wetterereignis?
- ➔ Wie könnten extreme Wetterereignisse in Zukunft aussehen?
- ➔ Was ist in Europa im Sommer 2019 passiert?
- ➔ War es ein lokales oder ein globales Phänomen?



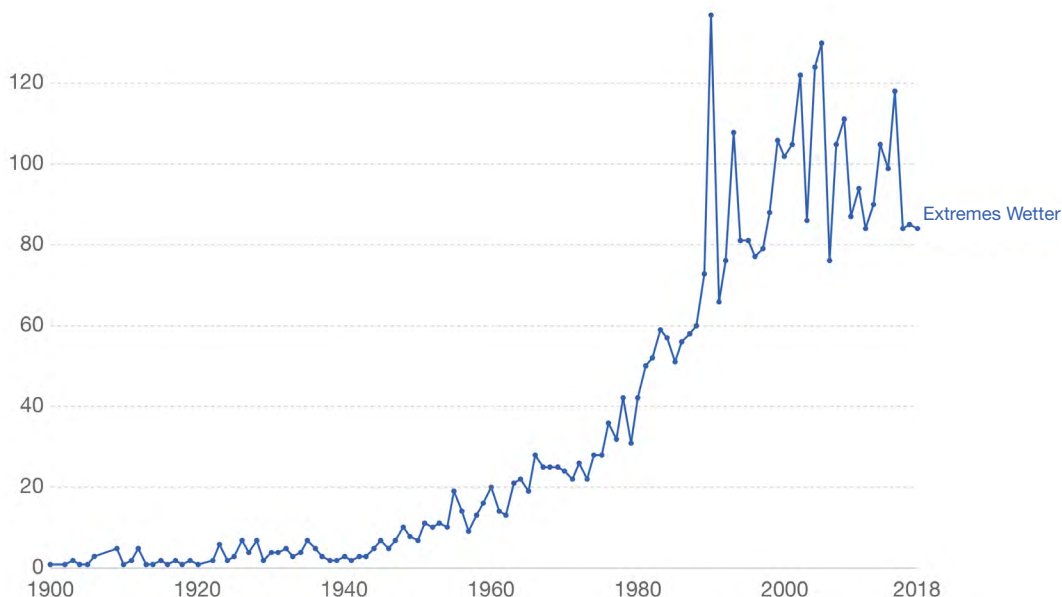
### EUROPA – EXTREME HÖCHSTTEMPERATUREN (°C) 25. JULI 2019

Im Juli 2019 war das Wetter in Europa ungewöhnlich heiß. Es gab neue Rekorde der Höchsttemperatur in Belgien, Deutschland, Luxemburg, den Niederlanden und dem Vereinigten Königreich. Die Temperaturen lagen bis zu 9°C über der Durchschnittstemperatur für diese Jahreszeit.

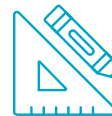
Quelle: Wikipedia & NOAA / National Weather Service  
[www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/regional\\_monitoring/](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/regional_monitoring/)

### ANZAHL DER ERFASSTEN EXTREMEN WETTEREREIGNISSE

Extreme Wetterereignisse sind Wetterereignisse, die nicht in das normale Wettermuster einer bestimmten Gegend passen, wie zum Beispiel sehr starke Wirbelstürme, Starkregen, Dürren, Hitzewellen. Extreme Wetterereignisse sind an sich schon schlimm genug, die Effekte dieser Ereignisse können jedoch verheerend sein: zerstörerische Stürme, Hochwasser, Dürren und Waldbrände usw.



Quelle: EMDAT (2019): OFDA/CRED International Disaster Database, Katholische Universität Leuven, Brüssel, Belgien  
<https://ourworldindata.org/natural-disasters> – CC BY



Lest den Text und beantwortet die Fragen:

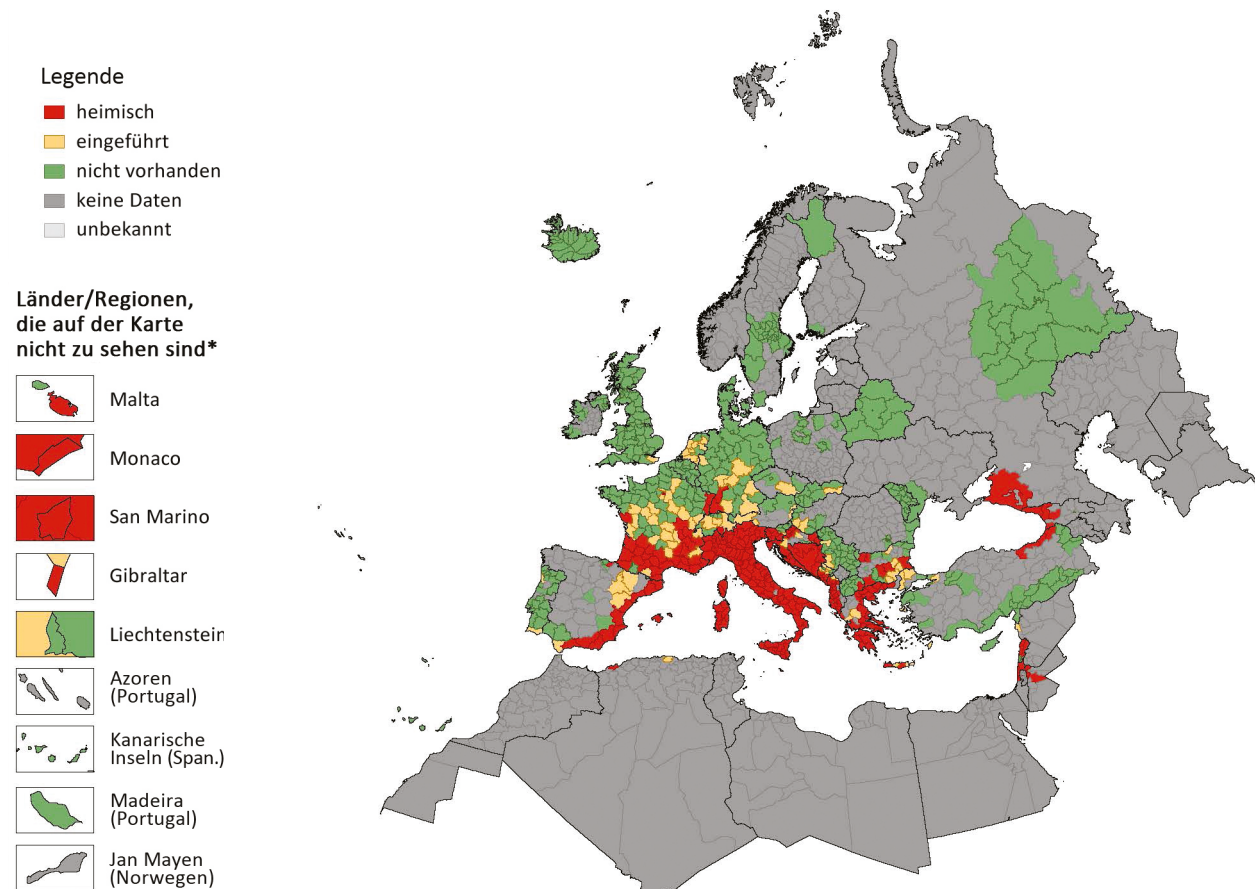
- ➔ Warum stellt die Tigermücke (*Aedes albopictus*) eine Gefahr dar?
- ➔ Warum fühlt sie sich heutzutage in Europa wohl?

Die Tigermücke hat ihren Namen aufgrund ihrer auffallenden schwarz-weißen Musterung. Die 2 bis 10 Millimeter lange Mücke kann Viren übertragen, die beim Menschen zum Beispiel das Chikungunya- oder das Denguefieber verursachen. Die Tigermücke war ursprünglich ausschließlich in den tropischen Wäldern Südostasiens verbreitet. Durch den weltweiten Warenaustausch konnte sie sich in den letzten drei Jahrzehnten allerdings auch in anderen Gegenden ausbreiten. 2008 wurde die Tigermücke in der Globalen Datenbank Invasiver Arten (engl.: Global Invasive Species Database) als eine der 100 invasivsten Arten der Welt eingestuft.

Die Tigermücke wurde 1979 erstmals in Europa gesichtet, in den USA 1985, in Lateinamerika 1986 und in Afrika 1990. Früher war das Wetter in Europa zu kalt, als dass sie langfristig hätte überleben können. Doch der klimabedingte Temperaturanstieg in den letzten Jahrzehnten erleichtert ihr nun das Überleben.

In Europa ist die Tigermücke mittlerweile in Südeuropa, entlang der Mittelmeerküste Albaniens, Italiens, Frankreichs, Griechenlands, Spaniens und in den Balkanländern heimisch geworden. Sie wurde außerdem in anderen nördlicheren europäischen Ländern gesichtet, wohin sie vermutlich am Bord von Fahrzeugen aus Südeuropa gelangte.

## AEDES ALBOPICTUS – DERZEIT BEKANNTE VERBREITUNG – JANUAR 2018



Die Karte wurde am 1.2.2018 vom European Centre for Disease Prevention and Control (Europäisches Zentrum für die Prävention und die Kontrolle von Krankheiten) und der European Food Safety Authority (der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit) erstellt. Die Karten werden vor der Publikation von externen Experten geprüft. Die Daten bilden nicht den offiziellen Standpunkt der Länder ab. \*Länder/Regionen sind in unterschiedlichen Maßstäben angezeigt, um die Darstellung deutlicher zu machen. Verwaltungsgrenzen: © EuroGeographics; © UN-FAO, © Turkstat.

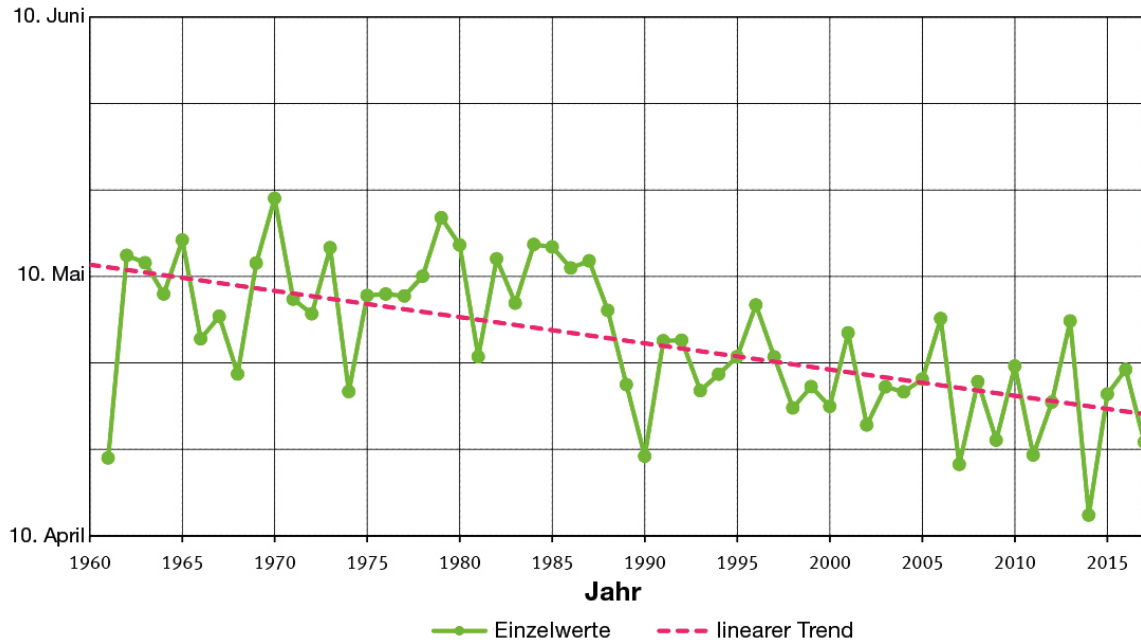


Die Grafik zeigt die Entwicklung des Beginns der Apfelblüte in Deutschland im Laufe der letzten Jahrzehnte.

- ➔ Was fällt euch auf?
- ➔ Erklärt, warum dies geschieht.

## BEGINN DER APFELBLÜTE IN DEUTSCHLAND (DURCHSCHNITT)

### Datum der Blüte



Quelle: Deutscher Wetterdienst (2018)  
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/veraenderung-der-jahreszeitlichen>



## ABSCHNITT B

# WAS IST DER URSPRUNG DES KLIMAWANDELS?

Anzuerkennen, dass das Klima sich ändert, ist der erste Schritt zu einem Verständnis des menschengemachten Klimawandels (Abschnitt A). Der zweite Schritt ist, zu erkennen, dass der Mensch für den heutigen Klimawandel verantwortlich ist. Der vorliegende Abschnitt thematisiert diese Frage und schafft ein erstes Verständnis sowohl für die physikalischen

Mechanismen, die bei der globalen Erwärmung eine Rolle spielen (besonders die Rolle der Treibhausgase), als auch für die menschlichen Aktivitäten, die den Klimawandel verursachen, als auch für die Zusammenhänge zwischen beiden. Dieser Abschnitt beinhaltet Dokumentenanalysen, Experimente mit physikalischen Modellen und Spiele.

### LISTE DER UNTERRICHTSSTUNDEN

Kernunterrichtsstunden

Optionale Unterrichtsstunden

<input checked="" type="radio"/>	<b>B1</b>	<b>Den Treibhauseffekt verstehen – mit einer Analogie</b> <b>Naturwissenschaften</b> Die Schüler lernen den Treibhauseffekt kennen, indem sie, als Analogie zu den Treibhausgasen in der Atmosphäre, ein Glashaus bauen.	Seite 57
<input type="radio"/>	<b>B2</b>	<b>Der Treibhauseffekt: Rollenspiel</b> <b>Sport (&lt;12 Jahre)</b> Die Schüler spielen Fangen und stellen so die Rolle der Treibhausgase nach, die die Infrarotstrahlung „einfangen“ und sie daran hindern, ins Weltall zu „entkommen“. Sie stellen eine Verbindung zwischen diesem Phänomen und der globalen Erwärmung her.	Seite 60
<input type="radio"/>	<b>B3</b>	<b>Menschen und Treibhausgase</b> <b>Sozialwissenschaften</b> Die Schüler lösen ein Rätsel und entdecken die historischen Ursachen des Klimawandels. Sie analysieren verschiedene wissenschaftliche Daten und lernen etwas über die menschlichen Aktivitäten, die die Emission von Treibhausgasen verursachen.	Seite 62

# UNTERRICHTSSTUNDE B1

## DEN TREIBHAUSEFFEKT VERSTEHEN – MIT EINER ANALOGIE

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 10 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler lernen den Treibhauseffekt kennen, indem sie, als Analogie zu den Treibhausgasen in der Atmosphäre, ein Glashaus bauen.

### KERNIDEEN

- ~ Alle Objekte geben Infrarotstrahlung ab; je wärmer sie sind, desto mehr Infrarotstrahlung geben sie ab.
- ~ Wenn die Sonne die Erdoberfläche erwärmt, gibt die Erde Infrarotstrahlung ab.
- ~ Die Treibhausgase in der Erdatmosphäre absorbieren die von der Erdoberfläche abgegebene Infrarotstrahlung. Nur ein Teil dieser Infrarotstrahlung gelangt ins Weltall, der Rest wird Richtung Erde zurückgestrahlt.
- ~ Wenn die Treibhausgaskonzentration zunimmt, steigt die Temperatur der Erdoberfläche.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Treibhauseffekt, Treibhausgas, Infrarotstrahlung, globale Erwärmung

### FORSCHUNGSMETHODE

Experiment

### VORBEREITUNG 10 MIN

#### MATERIAL

Pro Gruppe von 3-4 Schülern:

- 1 Glühbirne (mindestens 60 W, wenn möglich 100 W; keine Energiesparlampen, verwenden Sie Glüh- oder Halogenlampen) auf einer Halterung. Wenn es sonnig ist, kann das Experiment auch draußen in der Sonne durchgeführt werden.
- 2 elektronische Thermometer
- 1 durchsichtiger Behälter aus Glas oder durchsichtigem Plastik (so dünn wie möglich) oder ein mit Frischhaltefolie verschlossener Behälter
- (optional) Knetmasse, kann für die Abdichtung des Behälters nützlich sein.



### EINFÜHRUNG 20 MIN

In den vorherigen Unterrichtsstunden haben die Schüler gelernt, dass die Temperatur der Atmosphäre steigt und dass diese globale Erwärmung verschiedene Auswirkungen auf den Ozean und die Kryosphäre hat. In dieser Unterrichtsstunde werden zunächst die Hypothesen der Schüler bezüglich der Gründe für den Temperaturanstieg besprochen. Moderieren Sie die Diskussion so, dass die Schüler zu dem Schluss kommen, dass eine Art von Umweltverschmutzung daran schuld sein muss. Je nach Alter werden einige Schüler vielleicht Treibhausgase erwähnen (oder zumindest  $\text{CO}_2$ , da es bereits zuvor erwähnt wurde). Ermuntern Sie die Schüler, alles aufzuschreiben, was ihnen in den Sinn kommt, wenn sie das Wort „Treibhauseffekt“ hören (z. B. Glashäuser im Garten, Gewächshäuser für Blumen, wachsende Pflanzen, Schutz, warm, feucht, Umweltverschmutzung, Gas, Ozonschicht).

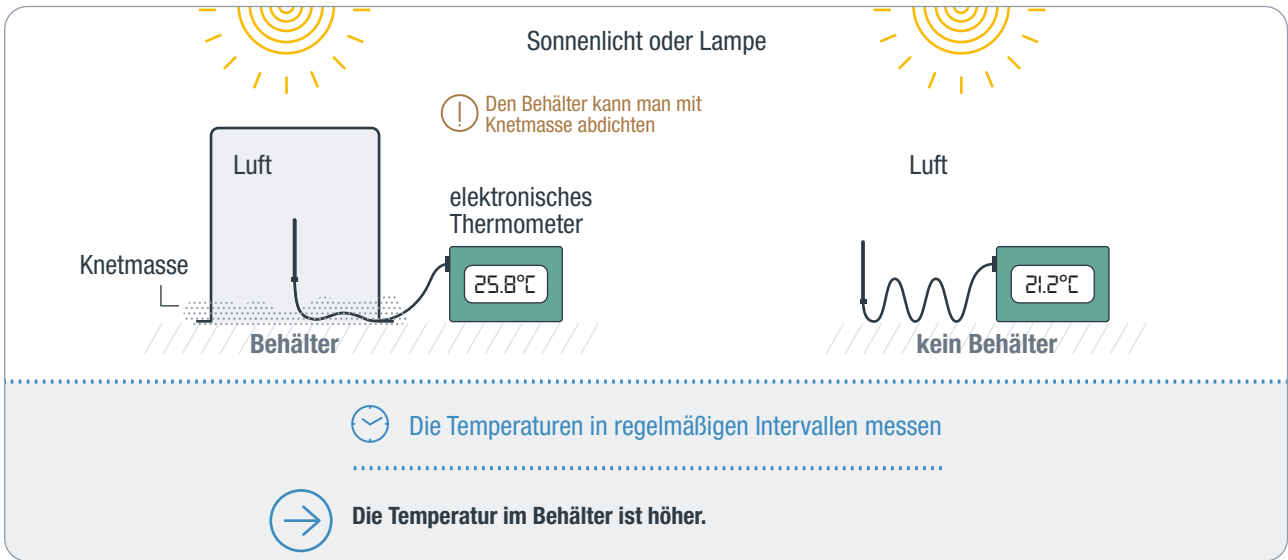
### DURCHFÜHRUNG 50 MIN

1. Die Schüler sollen sich ein Experiment ausdenken, das sie im Klassenzimmer durchführen können, um den Treibhauseffekt zu testen. Die Idee, ein Glashaus zu bauen, ist wahrscheinlich am einfachsten umzusetzen (siehe Abbildungen unten). Die Wörter Glashaus, Treibhaus und Gewächshaus bezeichnen übrigens alle das Gleiche.

#### → TIPP FÜR LEHRENDE

Um deutliche Ergebnisse zu bekommen, ist es am besten, das Experiment in der Mittagssonne durchzuführen. Der Temperaturunterschied kann dann mehrere Grad betragen. Es müssen nicht unbedingt elektronische Thermometer sein, stellen Sie aber sicher, dass die verwendeten Thermometer den Temperaturunterschied auch anzeigen.

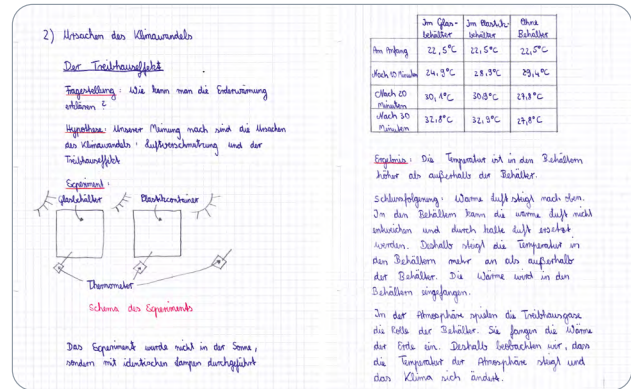
2. Jede Gruppe bastelt aus dem zur Verfügung gestellten Material ein Glashaus. Es wird ein Thermometer ins Glashaus gelegt, und ein zweites, das Kontrollthermometer, außerhalb des Glashauses.



Das Treibhausexperiment in einem Plastik- oder Glasbehälter



Schüler messen die Temperatur in und außerhalb des Glashauses



Schülernotizen zum Experiment

➔ **TIPP FÜR LEHRENDE**

In einem Glashaus tragen zwei Effekte zum Temperaturanstieg bei: der Treibhauseffekt und die Tatsache, dass die Luft im Glashaus eingeschlossen ist. Hat das Treibhaus kein „Dach“, steigt die warme Luft durch Konvektion nach oben und wird durch kühlere Luft ersetzt. Ist das Glashaus komplett geschlossen, kann die warme Luft nicht aus dem Glashaus entkommen. Dann zeigt das Thermometer außen eine niedrigere Temperatur an als das Thermometer im Glashaus.

Vergleicht man ein Glashaus aus Glas (in dem es theoretisch einen Treibhauseffekt gibt – weil das Glas keine Infrarotstrahlung durchlässt) mit einem Gewächshaus aus Polyethylen (Plastik; in dem Fall gibt es keinen Treibhauseffekt), lässt sich kein merkbarer Unterschied hinsichtlich des Temperaturanstiegs feststellen. Der wesentliche Effekt, der zur Erwärmung beiträgt, rührt also daher, dass das Glashaus abgeschlossen ist und kein Luftaustausch stattfindet.

3. Die Schüler messen die Temperatur in regelmäßigen Intervallen und tragen die Messwerte in eine Tabelle ein.
4. Fragen Sie die Schüler, warum die Temperatur ansteigt. Erklären Sie, dass das Glashaus eine Entsprechung – eine Analogie – für den Treibhauseffekt ist.

5. Es gibt Gase in der Atmosphäre, die die gleiche Rolle spielen wie das Glashausdach (= das Treibhausdach): Man nennt sie Treibhausgase. Wenn der Vergleich auf diese Weise präsentiert wird, ist das in der Schule absolut akzeptabel.

6. Wenn Sie die Unterrichtsstunde B3 überspringen wollen, teilen Sie das ARBEITSBLATT B3.4 aus und lassen Sie es die Schüler in Gruppen analysieren. Diskutieren Sie mit ihnen, wie Treibhausgase entstehen und in die Atmosphäre gelangen.

—

**NACHBEREITUNG 20 MIN**

Besprechen Sie die Ergebnisse des Experiments und die Analogie zum Treibhauseffekt. Treibhausgase funktionieren wie ein Glashaus: Sie „fangen“ die unsichtbare Infrarotstrahlung ein, die die Erdoberfläche (und auch die Sonne direkt) abgibt. Das führt zu einer Erwärmung des „Inneren“ des Glashauses bzw. zu einer Erwärmung der Erdoberfläche und der unteren Atmosphäre.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

### TREIBHAUSEFFEKT

Die Sonnenstrahlung durchquert die Atmosphäre und erwärmt die Erdoberfläche. Der erwärmte Erdboden sendet **Infrarotstrahlung** (Wärme) in die Atmosphäre. Ein Teil dieser Infrarotstrahlung gelangt ins Weltall, der andere Teil wird von **Treibhausgasen** in der Atmosphäre (vor allem Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas) eingefangen und zurück zur Erdoberfläche geschickt. Treibhausgase wirken also wie eine Decke und schließen die von der Erde abgegebene Strahlung ein. Dies führt dazu, dass die Temperatur der niedrigen Atmosphäre wärmer ist, als sie das normalerweise wäre. Ohne Treibhausgase würde die durchschnittliche Temperatur der Erdoberfläche  $-18^{\circ}\text{C}$  anstatt den derzeit durchschnittlichen  $+15^{\circ}\text{C}$  betragen.

Die Konzentration der Treibhausgase verändert sich – entweder aufgrund von natürlichen Ursachen, wie das in der Vergangenheit der Fall war, oder aufgrund menschlicher Aktivität, wie wir das derzeit beobachten können. Das beeinflusst das Energiegleichgewicht der Erde und somit auch die durchschnittliche Oberflächentemperatur (siehe Abbildung auf Seite 10).

### INFRAROTSTRAHLUNG

Unsere Augen können nur einen Teil des von der Sonne abgegebenen Lichtspektrums sehen: die sichtbare Strahlung. **Die Atmosphäre ist für die sichtbare Strahlung praktisch transparent.**

Licht setzt sich zusammen aus Strahlung unterschiedlicher Wellenlänge. Mit einem Prisma wird zum Beispiel weißes Licht in seine Spektralfarben zerlegt. Wir sehen dann unterschiedliche Farben, die den unterschiedlichen Wellenlängen entsprechen. Ein Teil der Strahlung ist für unsere Augen allerdings unsichtbar. Die Abbildung unten zeigt das Lichtspektrum, bzw. seine Aufspaltung in verschiedene Wellenlängenbereiche. Nur ein sehr kleiner Teil des Spektrums, der Wellenlängen zwischen 400 und 700 Nanometer (nm) entspricht, ist für unsere Augen sichtbar. Infrarotstrahlung mit

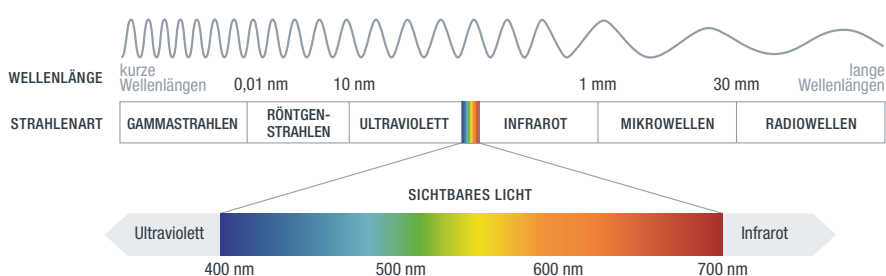
Wellenlängen, die länger sind, als die der Farbe Rot, ist für uns unsichtbar.

Ein warmer Gegenstand (z. B. die von der Sonne erwärmte Erde) gibt Strahlung einer Wellenlänge ab, die von seiner Oberflächentemperatur abhängt. Die Erdoberfläche mit einer durchschnittlichen Temperatur von  $+15^{\circ}\text{C}$  gibt hauptsächlich Strahlung im Infrarotbereich ab. **Die Atmosphäre ist allerdings aufgrund der vorhandenen Treibhausgase für Infrarotstrahlung nicht gut durchlässig.**

### TREIBHAUSEFFEKT UND DAS OZONLOCH: ZWEI UNTERSCHIEDLICHE PHÄNOMENE

Die Zusammensetzung der Atmosphäre sowie ihre Temperatur variieren je nach Höhe über dem Meeresspiegel. Die unterste Schicht der Atmosphäre, in der das Wetter entsteht, heißt Troposphäre. Sie umfasst mehr als 80% der Gesamtmasse der Atmosphäre. Die Troposphäre ist um den Äquator herum dichter als an den Polen. Darüber befindet sich die Stratosphäre und darin die berühmte „Ozonschicht“, in einer Höhe zwischen 15 und 30 km. Ozon findet man zwar überall in der Atmosphäre, aber seine Konzentration ist in dieser Zone besonders hoch. Ozon absorbiert die Ultraviolettstrahlung des Sonnenlichts (die Strahlung, die Sonnenbrand verursacht) und verhindert, dass diese die Erdoberfläche erreicht. Die übermäßige Nutzung von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW), die Bestandteile von Kältemitteln waren, hat an manchen Stellen zu einer Ausdünnung dieser Ozonschicht geführt, was für das Leben auf der Erde eine Gefahr darstellte. Seit der Unterzeichnung des Montrealer Protokolls im Jahr 1985 ist die Nutzung von FCKW verboten, und das „Loch“ in der Ozonschicht schließt sich nach und nach. Der zunehmende Treibhauseffekt und das „Ozonloch“ sind also zwei unterschiedliche Probleme: Es sind unterschiedliche atmosphärische Gase beteiligt (obwohl Ozon selbst auch ein Treibhausgas ist), und die Auswirkungen sind nicht die gleichen.

### Sichtbares Licht



# UNTERRICHTSSTUNDE B2

## DER TREIBHAUSEFFEKT: ROLLENSPIEL<sup>1</sup>

### FACH

Sport (<12 Jahre)

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 5 + 15 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler spielen Fangen und stellen so die Rolle der Treibhausgase nach, die die Infrarotstrahlung „einfangen“ und sie daran hindern, ins Weltall zu „entkommen“. Sie stellen eine Verbindung zwischen diesem Phänomen und der globalen Erwärmung her.

### KERNIDEEN

- ~ Alle erwärmten Gegenstände geben Infrarotstrahlung ab.
- ~ Wenn die Erdoberfläche von der Sonne erwärmt wird, gibt sie Infrarotstrahlung ab.
- ~ Treibhausgase in der Erdatmosphäre absorbieren die Infrarotstrahlung, die die Erdoberfläche abgibt. Nur ein Teil dieser Infrarotstrahlung entweicht ins Weltall, der Rest wird zurück zur Erdoberfläche geschickt.
- ~ Wenn die Konzentration der Treibhausgase zunimmt, steigt auch die Temperatur der Erdatmosphäre.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Treibhauseffekt, Treibhausgas, Infrarotstrahlung, globale Erwärmung, fossile Brennstoffe

### FORSCHUNGSMETHODE

Rollenspiel

## VORBEREITUNG 5 + 15 MIN

### MATERIAL

T-Shirts in drei verschiedenen Farben. Idealerweise ist **WÄRME** rot, **FB** (fossile Brennstoffe) schwarz (wie Erdöl) und **THG** (Treibhausgase) blau (wie die Atmosphäre).

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. **Sollte am Ende der vorhergehenden Unterrichtsstunde oder am Vortag durchgeführt werden.** Bitten Sie die Schüler, ein T-Shirt in der entsprechenden Farbe mitzubringen.



2. Zeichnen Sie drei klar abgetrennte Bereiche auf den Boden (siehe Abbildung rechts): **ERDE**, **ATMOSPHÄRE** und **WELTALL**

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Siehe die Hintergrundinformationen für Lehrende der vorherigen Unterrichtsstunde (B1).

## EINFÜHRUNG 10 MIN

Die Lehrperson erklärt einleitend, dass warme Gegenstände Infrarotstrahlung (Wärme) abgeben. Das gilt auch für die Erde, die von der Sonne erwärmt wird. Die von der Erdoberfläche abgegebene Infrarotstrahlung „strahlt“ ins Weltall. Infrarotstrahlung ist für unsere Augen unsichtbar und wird beispielsweise in Fernbedienungen genutzt. Wir können Infrarotstrahlung „fühlen“, wenn wir unsere Hände einem warmen Gegenstand nähern.

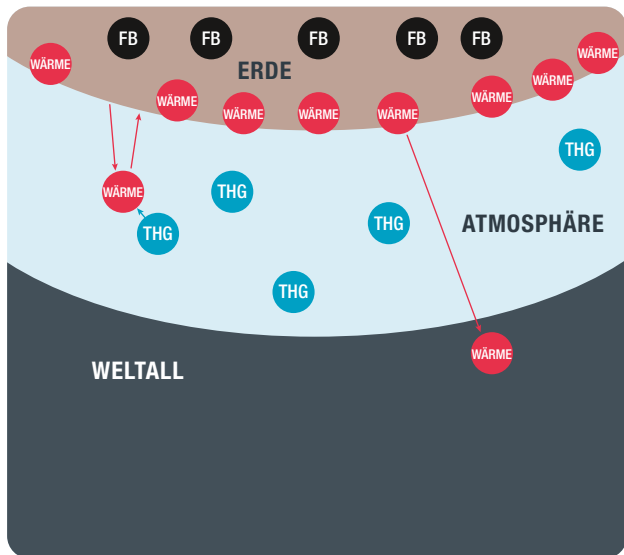
## DURCHFÜHRUNG 30 MIN

1. Teilen Sie die Klasse in drei Gruppen auf: Die Hälfte der Schüler bildet die **WÄRME**-Gruppe und stellt die Infrarotstrahlung dar, die die Erdoberfläche in Richtung Weltall verlässt. Ein Viertel der Schüler, die **THG**-Gruppe, stellt die Treibhausgase in der Erdatmosphäre dar und das verbleibende Viertel, die **FB**-Gruppe, nimmt die Rolle der fossilen Brennstoffe ein. In der ersten Runde bleibt die **FB**-Gruppe sitzen, da die fossilen Brennstoffe noch in der Erdkruste lagern. Die **THG**-Schüler breiten sich in der **ATMOSPHERE** aus. Die **WÄRME**-Gruppe startet auf der einen Seite des Raumes: Sie verkörpert die aufgewärmte **ERDE** (siehe Abbildung). Das Spiel funktioniert wie folgt:

### Erste Runde

Stoppen Sie, wie lange eine Runde dauert. Dauert sie zu lange, beenden Sie die Runde nach 2 Minuten.

<sup>1</sup> Diese Unterrichtsstunde wurde von der Aktivität „Atmosphere-Exploring Climate Science“ (<https://learning-resources.sciencemuseum.org.uk/>) des Science Museums (London) inspiriert. Das OCE dankt den Autoren.



Die drei Bereiche „Erde“, „Atmosphäre“ und „Weltall“

- Die **FB**-Gruppe bleibt sitzen.
- Die **WÄRME**-Gruppe muss den Raum durchqueren, um ins Weltall zu gelangen, und muss versuchen, an den Treibhausgasen vorbeizukommen, die versuchen, sie zu fangen.
- Wenn ein **THG** eine **WÄRME** fängt, muss die **WÄRME** zurück zur **ERDE** und laut bis 5 zählen, bevor sie erneut versuchen darf ins Weltall zu entkommen. (Das ist eine Analogie zu den Treibhausgasen, die verhindern, dass Infrarotstrahlung ins Weltall entweicht).
- Wenn alle **WÄRME**-Schüler die andere Seite erreicht haben oder von den **THG-Schülern** gefangen wurden, endet die Runde. Wenn Sie die Runde nach zwei Minuten abbrechen, zählen Sie, wie viele **WÄRME**-Schüler es bis ins Weltall geschafft haben.
- Für die zweite Runde müssen die Schüler wieder zu ihre Startpositionen zurückkehren.
- **Erklären Sie vor Beginn der zweiten Runde**, dass Sie (= die Lehrperson) die Erdbewohner darstellen und dass Sie **FB** aus der Erdkruste herausholen: Sie fördern Erdöl, Erdgas und Kohle. Die **FB** verwandeln sich dann in **THG**: Sie erhalten ein **THG**-T-Shirt und werden Teil der **THG**-Gruppe der ersten Runde. Betonen Sie, dass es jetzt viel mehr Treibhausgase in der Atmosphäre gibt. Die zweite Runde sollte genauso lange dauern wie die erste.

### Zweite Runde

Die Schüler werden feststellen: Am Ende der zweiten Runde haben es weniger **WÄRME**-Schüler ins Weltall geschafft (innerhalb der gleichen Zeit).

2. Bitten Sie die Schüler, das Spiel nachzuzeichnen, inklusive Bildbeschreibung und Erklärung. Zeichnen Sie eine Version an die Tafel, sobald die Schüler fertig sind, und diskutieren Sie die Analogien.

3. Fragen Sie: *Was können wir daraus schließen, dass in der zweiten Runde weniger **WÄRME**-Schüler ins Weltall entkommen sind?* Die zunehmende Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre erschwert es der Infrarotstrahlung (**WÄRME**) ins Weltall zu gelangen.

4. Fragen Sie: *Welche Rolle habe ich (die Lehrperson) zwischen den beiden Runden gespielt?* Die Lehrperson hat die Menschen dargestellt, die fossile Brennstoffe fördern. Besprechen Sie (i) die verschiedenen fossilen Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas), (ii) wie fossile Brennstoffe Treibhausgase freisetzen (durch Verbrennung), (iii) andere menschliche Aktivitäten, die Treibhausgase erzeugen (Fleischproduktion, intensive Landwirtschaft, usw.), (iv) welche Auswirkungen eine zunehmende Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre hat (es wird mehr Infrarotstrahlung „eingefangen“ und deshalb steigt die Temperatur) und (v) was passieren würde, wenn es keine Treibhausgase in der Atmosphäre gäbe. Dann würde die gesamte Infrarotstrahlung ins Weltall entkommen und die Temperatur der Atmosphäre wäre viel niedriger:  $-18^{\circ}\text{C}$  anstatt  $+15^{\circ}\text{C}$ ! Der Treibhauseffekt ist die Voraussetzung für Leben auf der Erde. Wenn die Treibhausgaskonzentration allerdings zu hoch ist, wird es problematisch.

### NACHBEREITUNG 20 MIN

Die Schüler schreiben eine Zusammenfassung der Unterrichtsstunde. Zum Beispiel: *„Wenn die Erde durch die Sonnenstrahlung erwärmt wird, erwärmt sich ihre Oberfläche. Die warme Oberfläche gibt Infrarotstrahlung ab. Treibhausgase in der Atmosphäre fangen einen Teil dieser Infrarotstrahlung ein. Wenn es mehr Treibhausgase in der Atmosphäre gibt, steigt die Temperatur der Atmosphäre. Menschliche Aktivitäten setzen eine Menge Treibhausgase frei und sind die Ursache für die globale Erwärmung.“*

### OPTIONALE VERLÄNGERUNG

Mit dem interaktiven Tool „Greenhouse Effect“ (nur auf Englisch) kann der Treibhauseffekt simuliert werden: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/greenhouse>. Das Tool bietet drei verschiedene Optionen: 1. Es können die Auswirkungen des Treibhauseffekts auf die globale mittlere Temperatur visualisiert werden (die Konzentration der Treibhausgase kann verändert werden). 2. Der Treibhauseffekt wird mit den Vorgängen in einem Glashaus verglichen (wie in der Unterrichtsstunde B1): Die Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre wird simuliert, indem die Anzahl an Fenstern verändert wird. 3. Fortgeschrittene können die Treibhauspotentiale der unterschiedlichen Moleküle in der Atmosphäre miteinander vergleichen.

# UNTERRICHTSSTUNDE B3 MENSCHEN UND TREIBHAUSGASE<sup>1</sup>

## FACH

Sozialwissenschaften

## DAUER

- ~ Vorbereitung: 10 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler lösen ein Rätsel und entdecken die historischen Ursachen des Klimawandels. Sie analysieren verschiedene wissenschaftliche Daten und lernen etwas über die menschlichen Aktivitäten, die die Emission von Treibhausgasen verursachen.

## KERNIDEEN

- ~ Der anthropogene Klimawandel (durch menschliche Aktivitäten ausgelöster Klimawandel) ist für aktuelle und zukünftige Veränderungen des Klimasystems der Erde verantwortlich.
- ~ Im 19. Jahrhundert führten Fortschritte in Wissenschaft und Technologie zusammen mit sozio-ökonomischen Veränderungen und neuen Produktionsweisen zu einer industriellen Revolution in Europa. Seitdem ist die Nutzung fossiler Energieträger stetig gestiegen.
- ~ Die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre steigt an. Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Wasserdampf (H<sub>2</sub>O) sind Treibhausgase.
- ~ Die Temperatur der Atmosphäre steigt schneller an als je zuvor. Die globale mittlere Temperatur an der Erdoberfläche ist seit dem vorindustriellen Zeitalter bereits um ca. 1°C angestiegen (2017).

## SCHLÜSSELBEGRIFFE

Industrielle Revolution, Dampfmaschine, fossile Brennstoffe, Treibhausgase, anthropogene Emissionen, Klimagerechtigkeit

## FORSCHUNGSMETHODE

Debatte

## VORBEREITUNG 10 MIN

## MATERIAL

ARBEITSBLÄTTER B3.1, B3.2, B3.3, B3.4, B3.5, B3.6 (eins pro Gruppe)



## UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Pro Gruppe je ein Exemplar der ARBEITSBLÄTTER B3.1, B3.2, B3.3 ausdrucken (für fortgeschrittene Schüler auch B3.4, B3.5, B3.6).
2. Platzieren Sie die Schilder „Einverstanden“ und „Nicht einverstanden“ an zwei gegenüberliegenden Seiten des Klassenzimmers.

## EINFÜHRUNG 10 MIN

Zusammenfassung der Unterrichtsstunden B1 und B2: Wir haben gesehen, dass eine zu große Menge an Treibhausgasen in der Atmosphäre zu einem Anstieg der Lufttemperatur an der Erdoberfläche führt. In dieser Unterrichtsstunde lernen die Schüler, wer/was für die Emission von Treibhausgasen verantwortlich ist.

## DURCHFÜHRUNG 1 STUNDE

### TEIL 1 (30 MIN): DIE HISTORISCHEN URSACHEN DES KLIMAWANDELS

1. Erklären Sie den Schülern, dass sie in dieser Stunde ein Rätsel lösen müssen, um herauszufinden, wer für den Überschuss an Treibhausgasen in der Atmosphäre verantwortlich ist.

2. Teilen Sie die Klasse in Gruppen auf und geben Sie jeder Gruppe ein Exemplar der ARBEITSBLÄTTER B3.1, B3.2, B3.3. Bitten Sie die Schüler, die einzelnen Karten zu lesen und zu sortieren, damit sie folgendes Rätsel lösen können:

„Ist James Watt schuld daran, dass Ali nicht zur Schule gehen kann?“



Schüler sortieren die Karten, um das Rätsel zu lösen.

<sup>1</sup> Diese Unterrichtsstunde wurde von der Unterrichtseinheit 5 des „Creating Futures“-Moduls inspiriert, das als Teil der „Education for a Just World“-Initiative von Trócaire und dem Centre for Human Rights and Citizenship Education (Dublin City University, Irland) entwickelt wurde. Das OCE bedankt sich bei den Autoren.

### ➔ TIPP FÜR LEHRENDE

Je nach Niveau ihrer Schüler können Sie ihnen zunächst die blau umrandeten Karten geben. Diese sind unerlässlich, um die gestellte Frage zu beantworten, und sie lassen sich einfach in eine logische Reihenfolge bringen. Wenn die Schüler diese Karten sortiert haben, können Sie ihnen die restlichen Karten geben, die zusätzliche Informationen über die industrielle Revolution enthalten. Wenn sich die Schüler schon mit den blau umrandeten Karten schwertun, können Sie ihnen folgenden Tipp geben: Sortiert die Karten zunächst nach den beiden Kriterien „betrifft James Watt“ und „betrifft Ali“.

3. Wenn die Gruppen meinen, eine Antwort gefunden zu haben, platzieren sie sich zwischen die beiden Schilder im Klassenraum – umso näher ans „Stimme zu“-Schild, je mehr sie der Meinung sind, dass James Watt schuld ist. Diskutieren mit den Schülern und lassen Sie sie ihre Meinung artikulieren. Die Schüler dürfen ihre Position während der Debatte ändern, wenn sich ihre Meinung ändert. Diskutieren Sie auf die gleiche Art und Weise die folgende Aussage:

„Die industrielle Revolution war eine gute Sache.“

### TEIL 2 (30 MIN, FÜR FORTGESCHRITTENE SCHÜLER): ANALYSE VON KONKRETEN WISSENSCHAFTLICHEN DATEN ZUM KLIMAWANDEL

Teilen Sie die Schüler in Gruppen auf. Die Schüler sollen die Dokumente auf den **ARBEITSBLÄTTERN B3.4, B3.5, B3.6** analysieren und die Fragen beantworten.

### NACHBEARBEITUNG 20 MIN

Schreiben Sie die Antworten der Schüler an die Tafel und besprechen Sie mit ihnen, inwieweit jeder Einzelne für die Treibhausgasemissionen und den Klimawandel verantwortlich ist.

### ➔ TIPP FÜR LEHRENDE

Wenn Sie (oder die Schüler) das wünschen, können Sie mit den Unterrichtsstunden E2 (Seite 136) oder E3 (Seite 140) zur Klimagerechtigkeit weitermachen, bevor Sie zu Abschnitt C übergehen.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

### MENSCHEN UND TREIBHAUSGASE

Früher nutzten Menschen **Energie** beispielsweise in Form von Feuer, Zugkraft von Tieren oder Mühlen. Seit der industriellen Revolution Anfang des 19. Jahrhunderts wurden diese zunehmend durch die **Dampfmaschine**, Wasserkraft und **fossile Brennstoffe** ersetzt, später kamen Atom-, Wind- und Sonnenenergie hinzu. Der Energieverbrauch ist weltweit kontinuierlich angestiegen. In den letzten vier Jahrzehnten hat er sich sogar verdoppelt, allerdings ist die Energienutzung nach wie vor sehr ungleich verteilt. Die meisten Entwicklungsländer sind der Auffassung, dass der Zugang zu Energie eine wichtige Voraussetzung für ihre zukünftige Entwicklung ist.

Die **industrielle Revolution** hat nie zuvor dagewesene wissenschaftliche, technologische, wirtschaftliche und politische Veränderungen mit sich gebracht. Diese Veränderungen betrafen alle Bereiche der menschlichen Gesellschaft, von der Landwirtschaft bis zur Medizin. Sie führten, beginnend in Europa und Nordamerika, zu neuen Lebensstandards und gingen mit einem beträchtlichen Anstieg der Weltbevölkerung einher. Durch die zunehmende Nutzung fossiler Brennstoffe und die schnell wachsende Bevölkerung wurden vermehrt natürliche Ressourcen (wie etwa fossile Brennstoffe) ausgebeutet und infolgedessen mehr **Treibhausgase ausgestoßen**.

2019 machte die Verbrennung von Holz und fossilen Brennstoffen (wie Erdöl, Gas oder Kohle) 85% des weltweiten Energieverbrauchs aus. All diese Brenn-

stoffe geben bei ihrer Verbrennung Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) ab, das sich schnell in der Erdatmosphäre verbreitet. Menschliche Aktivitäten erzeugen auch noch andere Treibhausgase, wie etwa Methan ( $\text{CH}_4$ ) oder Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Für mehr Informationen zu Treibhausgasemissionen, siehe den wissenschaftlichen Überblick, Seite 14. Informationen zu den wichtigsten Ursachen von Treibhausgasemissionen stehen im **ARBEITSBLATT B3.4**.

### DAS TREIBHAUSPOTENZIAL VERSCHIEDENER TREIBHAUSGASE

Die verschiedenen Treibhausgase haben unterschiedliche **Treibhauspotenziale**. Das Treibhauspotenzial hängt im Wesentlichen von zwei Haupteigenschaften des Treibhausgases ab: seiner Fähigkeit, **Strahlung zu absorbieren**, und seiner **Verweildauer in der Atmosphäre**.

Das Treibhauspotenzial eines Gases misst, wie viel Strahlung 1 Tonne dieses Gases innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts absorbiert, verglichen mit der Strahlung, die 1 Tonne  $\text{CO}_2$  (in der gleichen Zeit, normalerweise betrachtet man 100 Jahre) absorbieren könnte. Das Treibhauspotenzial von  $\text{CO}_2$  ist definitionsgemäß 1, für  $\text{CH}_4$  liegt der Wert bei 28-36 und für  $\text{N}_2\text{O}$  bei 265-298, wohingegen FCKW, HFKW, PFC und  $\text{SF}_6$  ein Treibhauspotenzial von Tausenden oder Zehntausenden Jahren haben können. Wie viel ein Treibhausgas zur globalen Erwärmung beiträgt, hängt sowohl von seinem Treibhauspotenzial ab, als auch von seiner Gesamtmenge in der Atmosphäre.

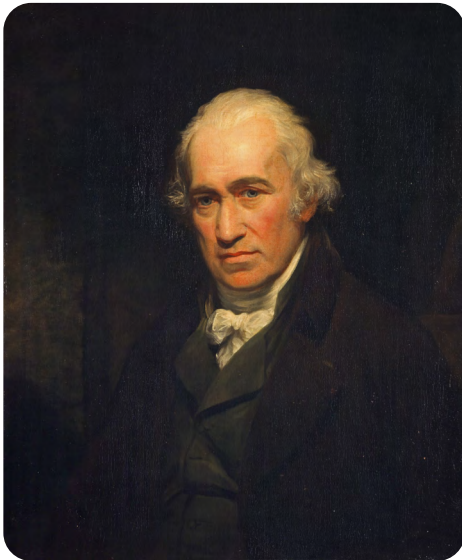


# ARBEITSBLATT B3.1

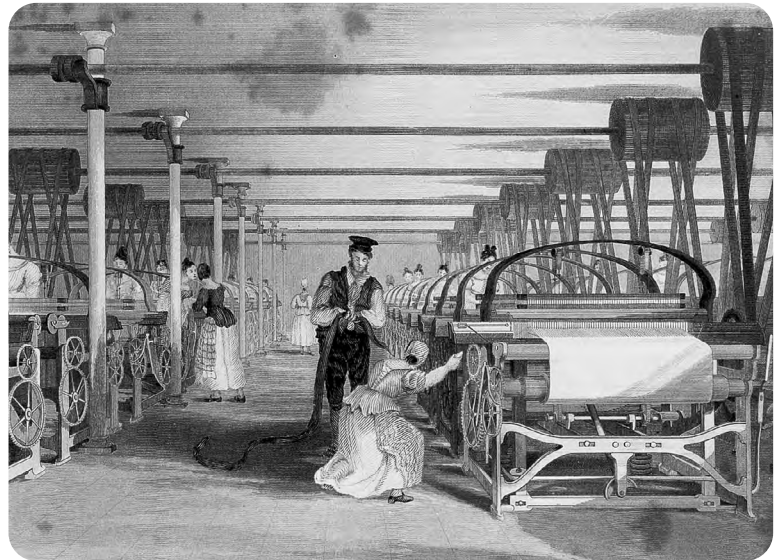


➔ Ist James Watt schuld daran, dass Ali nicht zur Schule gehen kann?

Um diese Frage zu beantworten, müsst ihr die Karten des ARBEITSBLATTES B3.2 ausschneiden und sortieren.



James Watt (1736-1819)



Dampfbetriebener Webstuhl in einer Baumwollspinnerei in England um 1835



Ali (im blauen T-Shirt), Punjab, Pakistan



Punjab, Pakistan



Wenn sich die Erde durch den Klimawandel weiter erwärmt, wird es in Pakistan mehr Dürrekatastrophen und Hochwasser geben.

Menschen in Pakistan verbrennen viel weniger fossile Brennstoffe und setzen weniger Kohlenstoffdioxid frei als beispielsweise Menschen in Europa oder Nordamerika.

Der Zeitraum zwischen 1760 und 1830 bezeichnet man als industrielle Revolution. Sie begann in Großbritannien und breitete sich dann auf Westeuropa und Nordamerika aus.

Wenn die Erde aufgrund des Klimawandels wärmer wird, schmelzen die Gletscher in den Bergen Pakistans. Das Schmelzwasser fließt in die Flüsse.

Heute wird das Prinzip der Dampfmaschine in Kohlekraftwerken immer noch angewendet. Das Verbrennen von Kohle erzeugt Hitze, die genutzt wird, um unter hohem Druck Wasserdampf zu erzeugen. Der Dampf treibt dann eine Turbine an, die Elektrizität produziert.

Durch die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas wird Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre abgegeben.

Ali lebt mit seiner Großmutter, seinen drei Geschwistern und seiner Mutter. Sie bauen Weizen und Gemüse an. Sie haben auch eine Kuh und ein paar Hühner, die ihnen Milch und Eier geben.

Während der industriellen Revolution zogen viele Menschen vom Land (wo sie die Felder bewirtschafteten) in die Städte (um in Fabriken zu arbeiten).

In Pakistan gibt es eine Monsun-Saison, in der es viel Regen gibt, und eine Trocken-Saison, in der es kaum regnet.

Früher wurden Fabriken mit fließendem Wasser betrieben. Deshalb mussten sie neben einem Fluss gelegen sein. Dank Watts Dampfmaschine konnten Fabriken überall gebaut werden und viele wurden in die Städte verlegt.

In den 1770ern und 80ern verbesserte der schottische Ingenieur James Watt die Dampfmaschine. Sie konnte nun Maschinen in Fabriken antreiben. James Watts Dampfmaschine wird als wichtiger Schritt bei der industriellen Revolution angesehen.

Die Dampfmaschine wurde durch die Verbrennung von Holz oder Kohle angetrieben. Kohle wurde während der industriellen Revolution mehr und mehr genutzt.

Alis Dorf wurde letztes Jahr überschwemmt. Es regnete sehr viel und der Fluss stieg stark an. Das Hochwasser zerstörte die einzige Straße zu Alis Dorf. Deshalb konnte er nicht mehr zur Schule, zum Krankenhaus oder zum Markt gehen.

Seit der industriellen Revolution ist die Menge an Kohlenstoffdioxid in der Erdatmosphäre immer weiter angestiegen.

Treibhausgase in der Erdatmosphäre bilden eine Art „Decke“ und fangen die Wärme ein, die die Erdoberfläche abgibt. Treibhausgasemissionen machen diese „Decke“ dicker. Wissenschaftler haben herausgefunden, dass dies die Erde erwärmt.

Ali lebt in einem Dorf in Pakistan, in dem es viele grüne Felder und einen großen Platz gibt, wo er früher Cricket gespielt hat. Ali und seine Cousins gehen in einer Nachbarstadt zur Schule.

Als Alis Dorf überflutet wurde, wurde ihre Ernte zerstört und ihr Haus weggeschwemmt. Die Familie musste drei Wochen lang in einem sicheren Lager auf einem Hügel bleiben.

Die Straße zu Alis Dorf wurde vom Hochwasser zerstört. Die Menschen taten sich daraufhin zusammen und reparierten die Straße.

Mithilfe der Dampfmaschine konnte Baumwolle viel schneller gesponnen werden.

Vor der industriellen Revolution wurden viele Gegenstände zu Hause mithilfe von Handwerkzeug hergestellt. Ab der industriellen Revolution wurde vieles mit speziellen Maschinen in Fabriken hergestellt.



**Einverstanden**

**Nicht  
einverstanden**

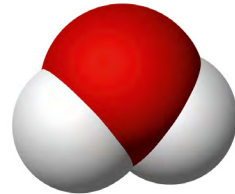


Seht euch die Karten mit den Merkmalen der verschiedenen Gase an und beantwortet folgende Fragen:

- ➔ Welche Treibhausgase werden durch menschliche Aktivitäten freigesetzt?
- ➔ Welche menschlichen Aktivitäten verursachen die Emission von Treibhausgasen?

## WASSERDAMPF – H<sub>2</sub>O

- ➔ Wasserdampf ist das häufigste Treibhausgas in der Atmosphäre.
- ➔ **Menschliche Aktivitäten haben nur einen geringen Einfluss auf die Menge des Wasserdampfs in der Atmosphäre.**
- ➔ Menschen haben das Potenzial, die Menge an Wasserdampf in der Atmosphäre stark zu beeinflussen, indem sie das Klima verändern.



## KOHLENSTOFFDIOXID – CO<sub>2</sub>

Verursacht durch:

- ➔ die **Verbrennung fossiler Brennstoffe** wie Kohle, Erdöl und Gas
- ➔ die **Zementproduktion**
- ➔ **Entwaldung**



Das CO<sub>2</sub> in der Atmosphäre wird zum Teil durch den Ozean, die Pflanzen an Land und die Böden absorbiert.

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Erdatmosphäre ist von ~ 280 ppm (ppm = Anteile pro Million) im vorindustriellen Zeitalter auf heute über 400 ppm angestiegen.

Trägt bei:

- ➔ zum anthropogenen Treibhauseffekt und damit zur globalen Erwärmung (größter Beitrag)
- ➔ zur Versauerung der Ozeane.

## METHAN – CH<sub>4</sub>

Verursacht durch:

- ➔ die **Verdauung von Kühen und Schafen** (Methan wird in ihren Mägen produziert!)
- ➔ die **Förderung und die Nutzung fossiler Brennstoffe**
- ➔ **den Reisanbau, wenn die Felder unter Wasser stehen**
- ➔ **Deponien und Abfall**



Die Methan-Konzentration in der Erdatmosphäre ist von ~ 720 ppb (Anteile pro Milliarde – ‚billion‘ auf Englisch) im vorindustriellen Zeitalter auf 1860 ppb in 2017 angestiegen.

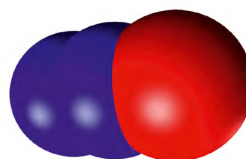
Trägt bei:

- ➔ zum anthropogenen Treibhauseffekt. Methan hat ein starkes Treibhauspotenzial: Es kann 30-mal mehr Wärme einfangen als Kohlenstoffdioxid.

## LACHGAS – N<sub>2</sub>O

Verursacht durch:

- ➔ die **Landwirtschaft** (wenn künstliche und natürliche Düngemittel auf den Feldern verteilt werden; Anbau von Futterpflanzen)
- ➔ die **Verbrennung fossiler Brennstoffe**
- ➔ **Fahrzeuge**, die mit **fossilen Brennstoffen** betrieben werden



Die Lachgas-Konzentration in der Erdatmosphäre ist von 270 ppb (Anteile pro Milliarde) im vorindustriellen Zeitalter auf 330 ppb in 2017 angestiegen.

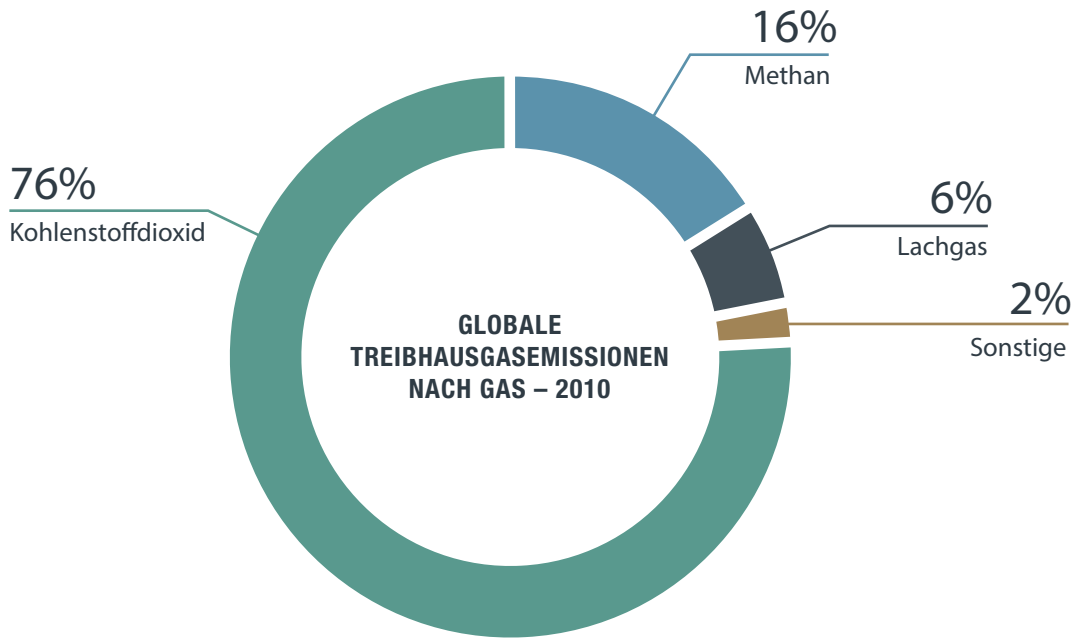
Trägt bei:

- ➔ zum anthropogenen Treibhauseffekt (N<sub>2</sub>O hat ein noch stärkeres Treibhauspotenzial als Methan; es kann 10-mal mehr Wärme einfangen als Methan).

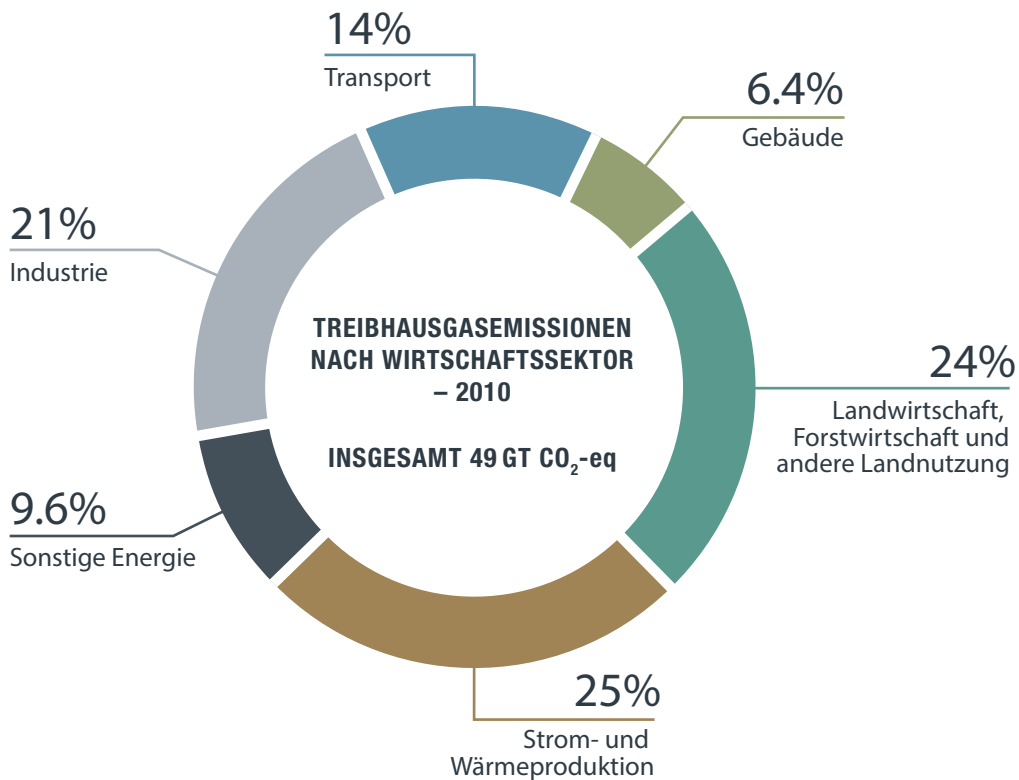


Seht euch die folgenden Diagramme an und beantwortet die Fragen:

- ➔ Welches Gas macht global betrachtet den größten Teil der anthropogenen Treibhausgasemissionen aus?
- ➔ Welche Wirtschaftssektoren (Bereiche menschlicher Aktivität) tragen am meisten zu Treibhausgasemissionen bei?



Quelle: [www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data](http://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data)  
 (Daten vom IPCC – 2014 – weitere Details im Beitrag des Working Group III zum AR5 des IPCC)



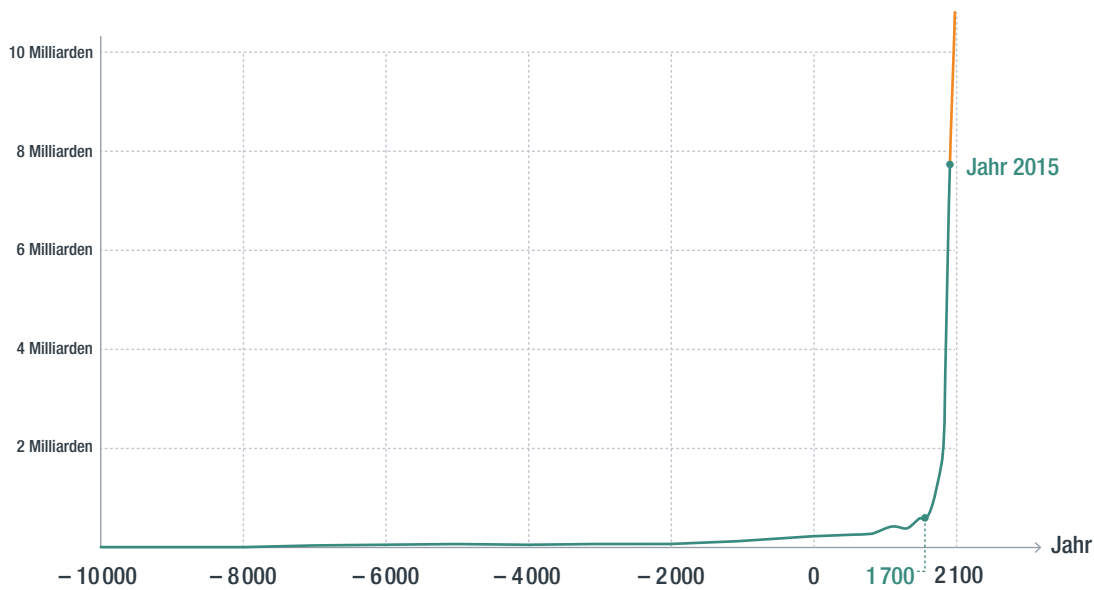
Quelle: [www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data](http://www.epa.gov/ghgemissions/global-greenhouse-gas-emissions-data)  
 (Daten vom IPCC – 2014 – weitere Details im Beitrag des Working Group III zum AR5 des IPCC)



Der technische Fortschritt seit der industriellen Revolution ist nicht nur auf die Dampfmaschine zurückzuführen, sondern auch auf starke Veränderungen in Wissenschaft, Technologie, Wirtschaft und Politik. All diese Entwicklungen haben zu einem nie dagewesenen Anstieg der Weltbevölkerung geführt. Mehr Menschen und ein höherer Energieverbrauch haben zu einem Anstieg der Treibhausgasemissionen geführt. Seht euch die beiden Abbildungen an und beantwortet folgende Fragen:

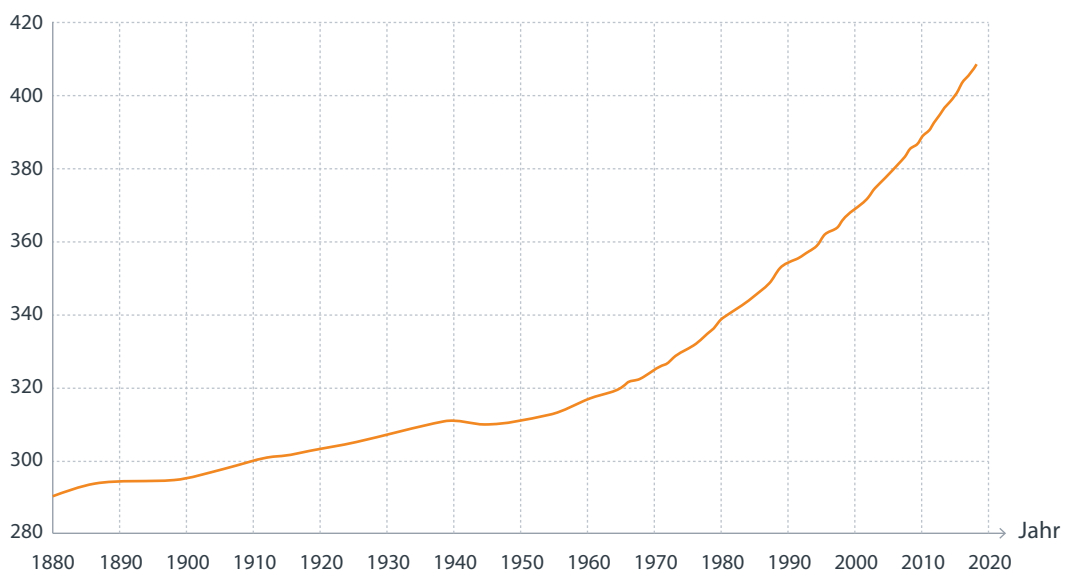
- ➔ Wie hat sich die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre seit der industriellen Revolution verändert?
- ➔ Nennt zwei Faktoren, die diese Entwicklung erklären.

**WELTBEVÖLKERUNG DER LETZTEN 12000 JAHRE UND PROGNOSE DER VEREINigten NATIONEN BIS 2100**



Quelle: <https://ourworldindata.org/world-population-growth#population-growth>

**GLOBALE CO<sub>2</sub>-KONZENTRATION IN DER ATMOSPHÄRE IN PPM**



Quelle: NOAA – Earth System Research Laboratory – Global Monitoring Division  
 ([ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2\\_anmean\\_mlo.txt](ftp://ftp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2/co2_anmean_mlo.txt))

## ABSCHNITT C

# WELCHE FOLGEN HAT DER KLIMAWANDEL FÜR DEN OZEAN UND DIE KRYOSPHERE?

Die Erde ist ein komplexes System, in dem alles miteinander verbunden ist und in einem Gleichgewicht steht. Daher betrifft der Klimawandel notwendigerweise das gesamte System und seine Auswirkungen sind sehr vielfältig.

In diesem Abschnitt gibt es sechs Unterrichtsstunden, in denen die Schüler einige der wichtigsten Folgen des Klimawandels für den Ozean und die Kryosphäre

re kennenlernen und Experimente dazu durchführen. Der Klimawandel hat Auswirkungen auf wichtige Ökosysteme sowie auf menschliche Gemeinschaften. Am Ende dieses Abschnitts werden die Schüler die Ursachen und Folgen von Phänomenen wie dem Meeresspiegelanstieg, der tauenden Kryosphäre, der Ozeanversauerung, der Wärmeaufnahme der Ozeane und den Meeresströmungen verstehen.

### LISTE DER UNTERRICHTSSTUNDEN

Kernunterrichtsstunden

Optionale Unterrichtsstunden

<input checked="" type="radio"/>	<b>C1</b>	<b>Tauende Kryosphäre und steigender Meeresspiegel</b> <b>Naturwissenschaften</b> Die Schüler führen ein Experiment durch, das zeigt, dass schmelzendes Meereis den Meeresspiegel nicht steigen lässt, schmelzendes Inlandeis dagegen schon. Mittels einer Dokumentenanalyse lernen sie, welche Auswirkungen schmelzendes Eis auf die Süßwasserversorgung hat.	Seite 71
<input checked="" type="radio"/>	<b>C2</b>	<b>Wärmeausdehnung des Ozeans und Anstieg des Meeresspiegels</b> <b>Naturwissenschaften</b> Die Schüler führen ein Experiment durch, um herauszufinden, inwiefern die Wärmeausdehnung von Meerwasser am steigenden Meeresspiegel beteiligt ist. Mithilfe einer Dokumentenanalyse können sie die verschiedenen Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs (auf Ökosysteme und Menschen) diskutieren.	Seite 79
<input checked="" type="radio"/>	<b>C3</b>	<b>Die „weiße“ Kryosphäre und ihre Albedo</b> <b>Naturwissenschaften</b> Die Schüler diskutieren die Rolle des Meereises für das Klima der Erde. Sie führen ein Experiment durch, das ihnen zeigt, wie wichtig die Kryosphäre als Oberfläche mit hoher Albedo ist. Sie erkennen, dass es im Klimasystem Rückkopplungen gibt.	Seite 84
<input checked="" type="radio"/>	<b>C4</b>	<b>Ozeanversauerung</b> <b>Naturwissenschaften</b> Die Schüler führen ein Experiment durch, bei dem sie den Zusammenhang zwischen Säuregehalt und pH-Wert sowie zwischen der CO <sub>2</sub> -Konzentration in der Atmosphäre und der Ozeanversauerung erkennen. Sie untersuchen die Auswirkungen der Ozeanversauerung auf die Lebewesen im Meer.	Seite 88
<input type="radio"/>	<b>C5</b>	<b>Meeresströmungen regulieren das Klima</b> <b>Naturwissenschaften (für fortgeschrittene Schüler)</b> Die Schüler führen zwei Experimente durch und finden heraus, dass Unterschiede in der Dichte des Meerwassers (aufgrund von Salinitäts- und Temperaturunterschieden) Meeresströmungen antreiben können. Mit einer Karte zur thermohalinen Zirkulation können sie verstehen, wie Meeresströmungen das Klima weltweit beeinflussen.	Seite 92
<input type="radio"/>	<b>C6</b>	<b>Die thermische Trägheit des Ozeans</b> <b>Naturwissenschaften (für fortgeschrittene Schüler)</b> Anhand einer Dokumentenanalyse und eines Experiments erfahren die Schüler, welche Rolle die thermische Trägheit des Ozeans bei der Klimaregulierung spielt.	Seite 96

# UNTERRICHTSSTUNDE C1

## TAUENDE KRYOSPHERE UND STEIGENDER MEERESSPIEGEL

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 5 + 10 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler führen ein Experiment durch, das zeigt, dass schmelzendes Meereis den Meeresspiegel nicht steigen lässt, schmelzendes Inlandeis dagegen schon. Mittels einer Dokumentenanalyse lernen sie, welche Auswirkungen schmelzendes Eis auf die Süßwasserversorgung hat.

### KERNIDEEN

- ~ Zur Kryosphäre gehören alle Regionen der Erde mit gefrorenem Wasser.
- ~ Ein Temperaturanstieg in der Atmosphäre und im Ozean führt dazu, dass die Kryosphäre taut.
- ~ 98% des gesamten Eises der Erde stecken in den Eisschilden der Pole. Dieses Eis besteht aus komprimiertem Schnee.
- ~ Meereis findet sich sowohl in der Arktis als auch in der Antarktis. Meereis besteht aus gefrorenem Wasser, das auf dem Ozean schwimmt.
- ~ Permafrost ist Boden, der mindestens zwei Jahre lang dauerhaft gefroren ist.
- ~ Schmelzendes Inlandeis führt zu einem Anstieg des Meeresspiegels, schmelzendes Meereis nicht.
- ~ Die Kryosphäre ist eine wichtige Süßwasserquelle für Flüsse in Gebirgen in mittleren und niederen Breitengraden.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Kryosphäre, Meereis, Inlandeis, Eisschild, Gletscher, Permafrost, Schmelzen, Süßwasser, Meeresspiegelanstieg

### FORSCHUNGSMETHODE

Experiment



- Wasser
- schwere „wassertaugliche“ Gegenstände (Kieselsteine, Pflastersteine): einige pro Gruppe für die Gruppen, die zu Inlandeis arbeiten

**Multimedia:** Videos (Anstieg des Meeresspiegels; Gletscher) und interaktive Animationen (Anstieg des Meeresspiegels), siehe [Seite 186](#).

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Bereiten Sie am Vortag Eiswürfel vor.
2. Drucken Sie die ARBEITSBLÄTTER C1.1, C1.2 und C1.3 aus (jeweils eins für die ganze Klasse). Fortgeschrittene Schüler können auch das ARBEITSBLATT C1.5 bearbeiten.
3. Laden Sie die Videos von der OCE-Webseite herunter. Siehe [Seite 184](#).

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Am besten beginnen Sie diese Unterrichtsstunde vor der Mittagspause, damit das Eis während der Pause schmelzen kann. Sollte das nicht möglich sein, führen Sie das Experiment an einem warmen Ort (oder in der Sonne) durch, damit das Eis schneller schmilzt.

## EINFÜHRUNG 20 MIN

Fragen Sie die Schüler: *Könnt ihr einige Auswirkungen der globalen Erwärmung nennen?* Sammeln Sie die Antworten an der Tafel. In der Regel lautet eine der Antworten: der Anstieg des Meeresspiegels. In dieser Unterrichtsstunde geht es um den Anstieg des Meeresspiegels, auf die anderen Auswirkungen kommen wir später.

## VORBEREITUNG 5 + 10 MIN

### MATERIAL

- ARBEITSBLATT C1.1 (eins für die ganze Klasse)
- ARBEITSBLATT C1.2 (eins für die ganze Klasse)
- ARBEITSBLATT C1.3 (eins für die ganze Klasse)
- ARBEITSBLATT C1.4 (eins pro Gruppe)
- ARBEITSBLATT C1.5 – für fortgeschrittene Schüler (eins pro Gruppe)
- Eiswürfel (3-4 pro Gruppe)
- große Behälter (einer pro Gruppe)

## DURCHFÜHRUNG 40 MIN + PAUSE + 20 MIN

### TEIL 1 (40 MIN): SCHMELZEN VON MEEREIS UND INLANDEIS UND DER ANSTIEG DES MEERESSPIEGELS

1. Fragen Sie die Schüler: *Was denkt ihr, weshalb der Meeresspiegel steigt?* Die meisten Schüler werden schmelzendes Eis erwähnen, aber den Unterschied zwischen Meereis und Inlandeis kennen sie in der Regel nicht. Zeigen Sie ihnen das ARBEITSBLATT C1.1 damit sie den Unterschied erkennen.



2. Fragen Sie die Schüler: *Wo auf der Erde befinden sich große Eismassen?* Im ARBEITSBLATT C1.2 sind die verschiedenen Reservoirs der Kryosphäre eingezeichnet. Schreiben Sie eine Definition für das Wort „Kryosphäre“ an die Tafel: **„Die Kryosphäre umfasst das gesamte gefrorene Wasser auf der Erde“**. Gletschereis und Eisschilde (Antarktis und Grönland) entstehen an Land aus komprimiertem Schnee, während Meereis (Arktis und Antarktis) im Ozean gebildet wird. Das ARBEITSBLATT C1.3 macht den Schülern deutlich, dass Eisberge und Meereis nicht das Gleiche ist. Eisberge bestehen aus Süßwasser und entstehen an Land, während Meereis beim Gefrieren von Meerwasser an der Meeresoberfläche entsteht.

→ **TIPP FÜR LEHRENDE**

Für viele Schüler (und Erwachsene) ist es schwierig, den Unterschied zwischen Meereis und Eisbergen zu verstehen: Meereis entsteht aus gefrorenem **Meerwasser**, während die im Ozean treibenden Eisberge große Bruchstücke von Gletschern oder Eisflächen an Land sind – sie bestehen aus **Süßwasser**.

3. Zeigen Sie den Schülern noch einmal das ARBEITSBLATT C1.2 und fragen Sie: *Was denkt ihr: Welche dieser Eisreservoirs lassen beim Schmelzen den Meeresspiegel steigen?* Es werden vermutlich sehr unterschiedliche Antworten kommen. Fragen Sie: *Könnt ihr euch ein Experiment vorstellen, das uns helfen kann, diese Frage zu beantworten?* Helfen Sie den Schülern, die folgende Frage zu stellen: *Verursachen das Schmelzen von Meereis und das Schmelzen von Inlandeis einen Anstieg des Meeresspiegels?*

4. Gruppenarbeit: Die Schüler sollen sich eine Versuchsanordnung ausdenken, mit der sie diese Frage beantworten können.

5. Wenn der Versuchsablauf diskutiert und von der ganzen Klasse angenommen wurde, bereiten die Gruppen das Experiment vor:

- Sie gießen lauwarmes Wasser in den Behälter. Dieses Wasser stellt den Ozean dar.
  - **Die eine Hälfte der Gruppen** legt vorsichtig die Eiswürfel in das Wasser. Die Eiswürfel stellen das Meereis dar.
  - **Die andere Hälfte der Gruppen** legt einen schweren Gegenstand – der für einen Kontinent steht – auf den Boden des Behälters und legt dann Eiswürfel darauf. Die Eiswürfel stellen das Inlandeis dar. Der Gegenstand sollte aus dem Wasser ragen.

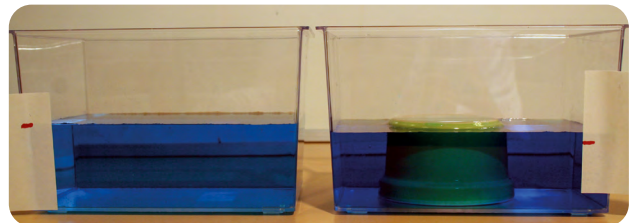
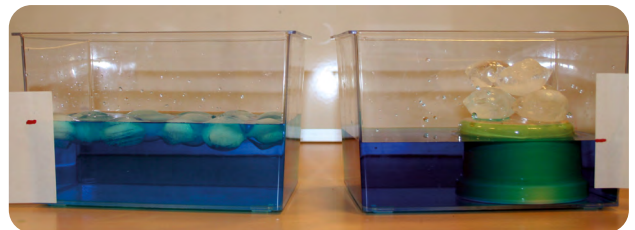
→ **TIPP FÜR LEHRENDE**

Fragen Sie die Schüler: *Wie könnt ihr feststellen, ob der Wasserspiegel gestiegen ist?* Mögliche Antworten sind: eine Markierungslinie im Behälter, ein Lineal oder ein Blatt an den Behälter kleben.

- Der Wasserstand darf erst nach der Zugabe der Eiswürfel markiert werden!
- Für die „Meereis-Gruppen“: Stellen Sie sicher, dass genug Wasser im Behälter ist, damit die Eiswürfel nicht den Boden des Behälters berühren (das Meereis soll im Wasser schwimmen).

**Die Eiswürfel im Wasser schmelzen sehr schnell (innerhalb weniger Minuten), während die Eiswürfel auf dem „Kontinent“ deutlich langsamer schmelzen (innerhalb einiger Stunden).**

Diese erste Beobachtung hilft, die Vulnerabilität von Meereis zu verstehen: Es schmilzt schneller als Inlandeis, weil es mit Meerwasser in Berührung ist (und Meerwasser hat eine höhere Wärmeleitfähigkeit als Luft). Das ist auch der Grund, weshalb man im Wasser schneller auskühlt als an der Luft (wenn man z. B. im Meer badet).



Oben: vor dem Schmelzen; unten: nach dem Schmelzen.

- 6. Während die Schüler darauf warten, dass das Eis schmilzt, können sie den Aufbau des Experiments zeichnen und ihre Beobachtungen aufschreiben.
- 7. Wenn die Eiswürfel geschmolzen sind, können die Schüler ihre Ergebnisse vergleichen. Sie werden zu dem Schluss kommen, dass schmelzendes Meereis den Meeresspiegel nicht steigen lässt, während schmelzendes Inlandeis ihn steigen lässt.

**TEIL 2 (20 MIN): DIE FOLGEN DES SCHMELZENDEN INLANDEISES FÜR DIE SÜSSWASSERVERSORGUNG**

8. Geben Sie jeder Gruppe das ARBEITSBLATT C1.4. Die Schüler sollen es analysieren. Fortgeschrittene Schüler können die Satellitenbilder des ARBEITSBLATTES C1.5 untersuchen.

## NACHBEARBEITUNG 10 MIN

Diskutieren Sie mit der ganzen Klasse die Folgen des schmelzenden Inlandeises für das Pflanzenwachs-

tum und Ressourcen vor Ort (Jagd, Landwirtschaft, usw.), und vor allem für die Süßwasserversorgung. Sie können auch weitere wichtige Verwendungen des aus Gletschern abfließenden Süßwassers besprechen (z. B. Wasserkraftwerke).

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Detaillierte Informationen über die **Kryosphäre** und ihre verschiedenen Reservoirs finden Sie auf den Seiten 10-11 des wissenschaftlichen Überblicks. Der Nutzen, den die Kryosphäre (Schnee, Eis und gefrorener Boden) für die Menschen hat, wird auf den Seiten 12-13 des wissenschaftlichen Überblicks beschrieben. Die Veränderungen, die sich in der Kryosphäre aufgrund des Klimawandels beobachten lassen, werden auf den Seiten 15-17 erklärt. Daher werden im Folgenden nur drei, für diese Unterrichtsstunde wichtige Konzepte der Kryosphäre vertieft.

#### INLANDEIS UND MEEREIS SIND UNTERSCHIEDLICH

**Inlandeis** umfasst Gletscher (in Polar- und Bergregionen) und die Eisschilde von Grönland und der Antarktis (Eis auf festem Boden). Inlandeis bildet sich bei der langsamen Akkumulation von Schnee an Land, der nach und nach komprimiert wird, bis er zu Eis wird. Wenn ein Gletscher den Ozean erreicht, können große Stücke von ihm abbrechen, sie werden zu Eisbergen und treiben im Meer. Inlandeis besteht aus **Süßwasser**.

**Meereis** treibt im Ozean. Man findet es nur in der Arktis und im südlichen Polarmeer rund um die Antarktis. Im Gegensatz zu Inlandeis bildet es sich aus gefrorenem **Meerwasser**. Beim Gefrieren von Meerwasser tritt das Salz in das umliegende Meerwasser aus. Dieser Prozess führt zu einem lokalen Anstieg der Salinität des Meerwassers.

**WENN INLANDEIS SCHMILZT, STEIGT DER MEERESSPIEGEL. WENN MEEREIS SCHMILZT, STEIGT ER NICHT.** Inlandeis befindet sich per Definition an Land. Das Schmelzwasser fließt in den Ozean und lässt den Meeresspiegel steigen.

Meereis ist bereits im Ozean. Ein Teil davon ragt aus dem Wasser heraus (ca. 10% des Gesamtvolumens), der größte Teil befindet sich aber unter Wasser (ca. 90% des Gesamtvolumens). Diese Proportionen kommen daher, dass die Dichte von Eis ca. 90% der Dichte von flüssigem

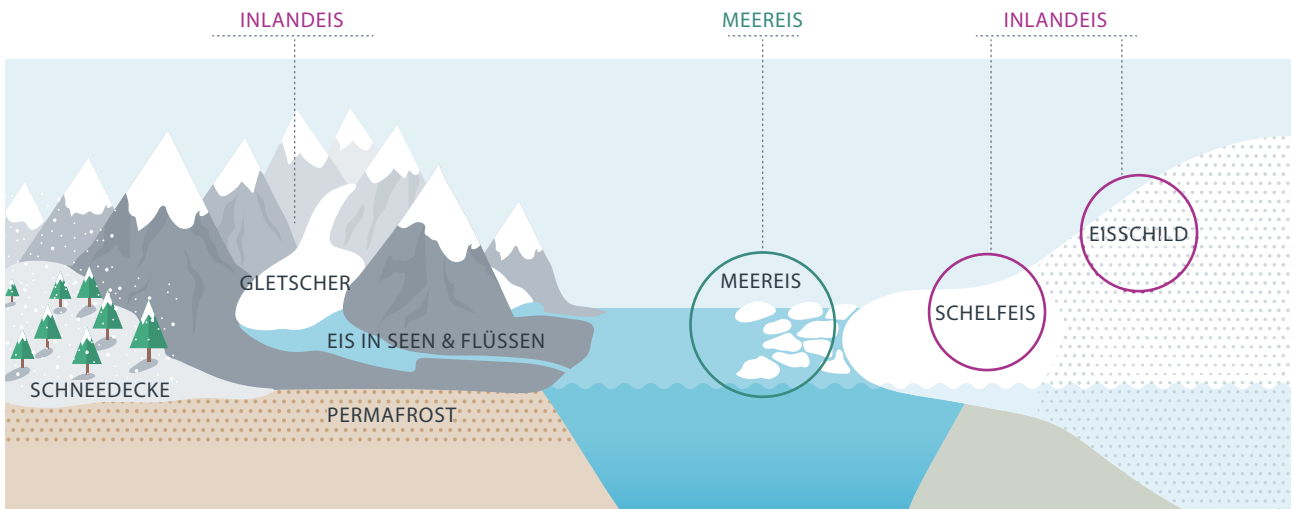
Wasser beträgt. Das ist eine besondere Eigenschaft von Wasser, da ein Feststoff normalerweise dichter ist als die dazugehörige Flüssigkeit. Der aus dem Wasser ragende Teil des Meereises erhöht den Meeresspiegel beim Schmelzen; der Teil unter Wasser lässt ihn sinken, weil (für die gleiche Menge an Wasser, d. h. für die gleiche Masse) Eis voluminöser ist als flüssiges Wasser. Die beiden Phänomene kompensieren sich also gegenseitig: Der Meeresspiegel bleibt gleich.

Es lässt sich mathematisch nachweisen, dass das unter der Wasseroberfläche liegende Volumen eines Eiswürfels dem Volumen des Wassers des geschmolzenen Eiswürfels entspricht (daher steigt der Wasserspiegel durch den geschmolzenen Eiswürfel nicht). Diese einfache Rechnung, die nur 4 bis 5 Rechenzeilen benötigt und bereits Schülern der Sekundarstufe I aufgegeben werden kann, ist das Ergebnis von zwei grundlegenden Prinzipien: Masseerhaltung (die Masse des Eiswürfels ist gleich der Masse des Wassers des geschmolzenen Eiswürfels) und Auftrieb (das Gewicht des Eiswürfels entspricht seiner Auftriebskraft, d. h. dem Gewicht des von ihm verdrängten Wasservolumens – wie bereits Archimedes von Syrakus im Jahr 250 vor Christus erkannte).

#### MEEREIS SCHMILZT SCHNELLER ALS INLANDEIS

**Eis im Wasser schmilzt schneller als Eis an Land**, weil die Oberfläche von Inlandeis größtenteils an der Luft (und nicht im Wasser) ist. Das kommt daher, dass die Wärmeleitung im Wasser viel effizienter ist als an der Luft, hauptsächlich weil Wasser dichter ist als Luft. Eine höhere Dichte heißt, dass eine größere Anzahl von Wassermolekülen mit der Oberfläche des Eiswürfels interagiert, wodurch die Wärmeleitung beschleunigt wird.

Es gibt einen weiteren Grund, weshalb Meereis schneller schmilzt als Inlandeis: Meereis ist nur wenige Meter dick, während Eisschilde wie das Grönländische und das Antarktische Eisschild mehrere Kilometer dick sind.



Nach Abb. 4.25 des IPCC Working Group I report (2013)



**Das Südliche Patagonische Eisfeld** ist ein riesiges Gletschergebiet und stellt die größte Fläche an Inlandeis auf der Südhalbkugel dar (die Antarktis ausgenommen). Aus diesem Eisfeld entspringen zahlreiche Gletscher.



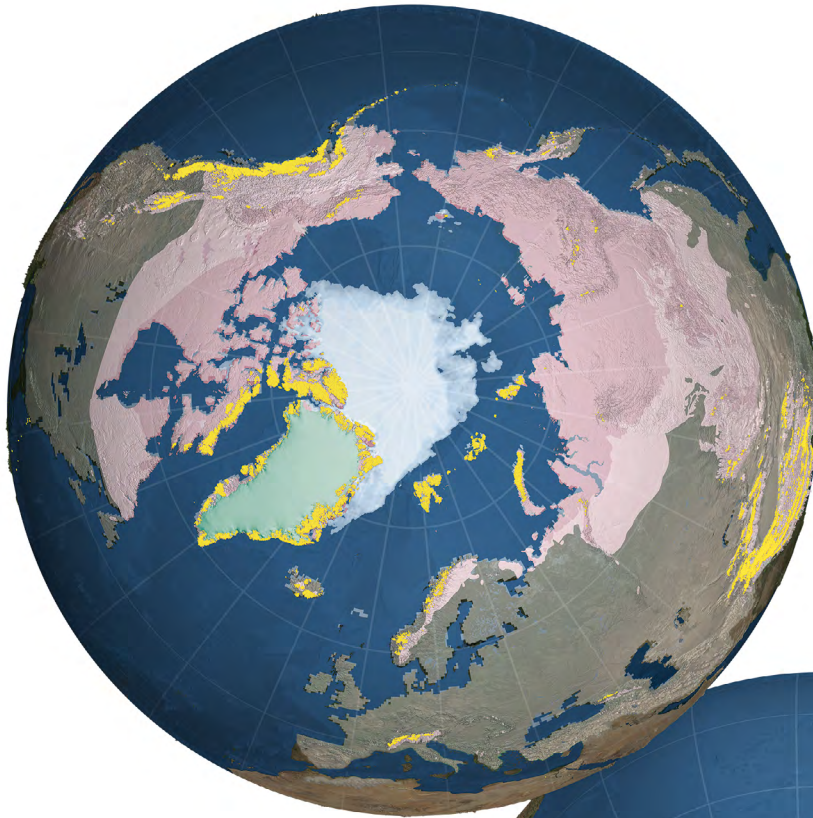
**Das Antarktische Eisschild in der Nähe von Adélieland.** Die Antarktis ist das größte Eisschild auf der Erde.



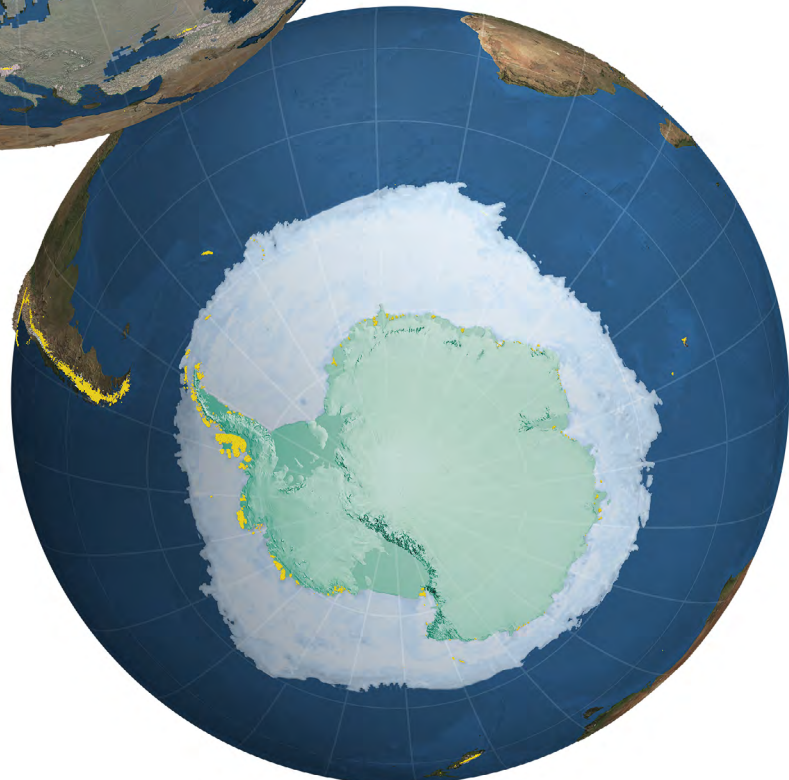
**Meereis**, das auf dem Ozean nördlich von Spitzbergen schwimmt.



Die Kryosphäre ist das gesamte gefrorene Wasser auf der Erde. Auf der Erde gibt es verschiedene Formen von „gefrorenem Wasser“ (verschiedene Reservoirs). Diese Satellitenbilder zeigen die verschiedenen Reservoirs der Kryosphäre.



NORDHALBKUGEL



SÜDHALBKUGEL



Meereis



Gletscher



Eisschilde

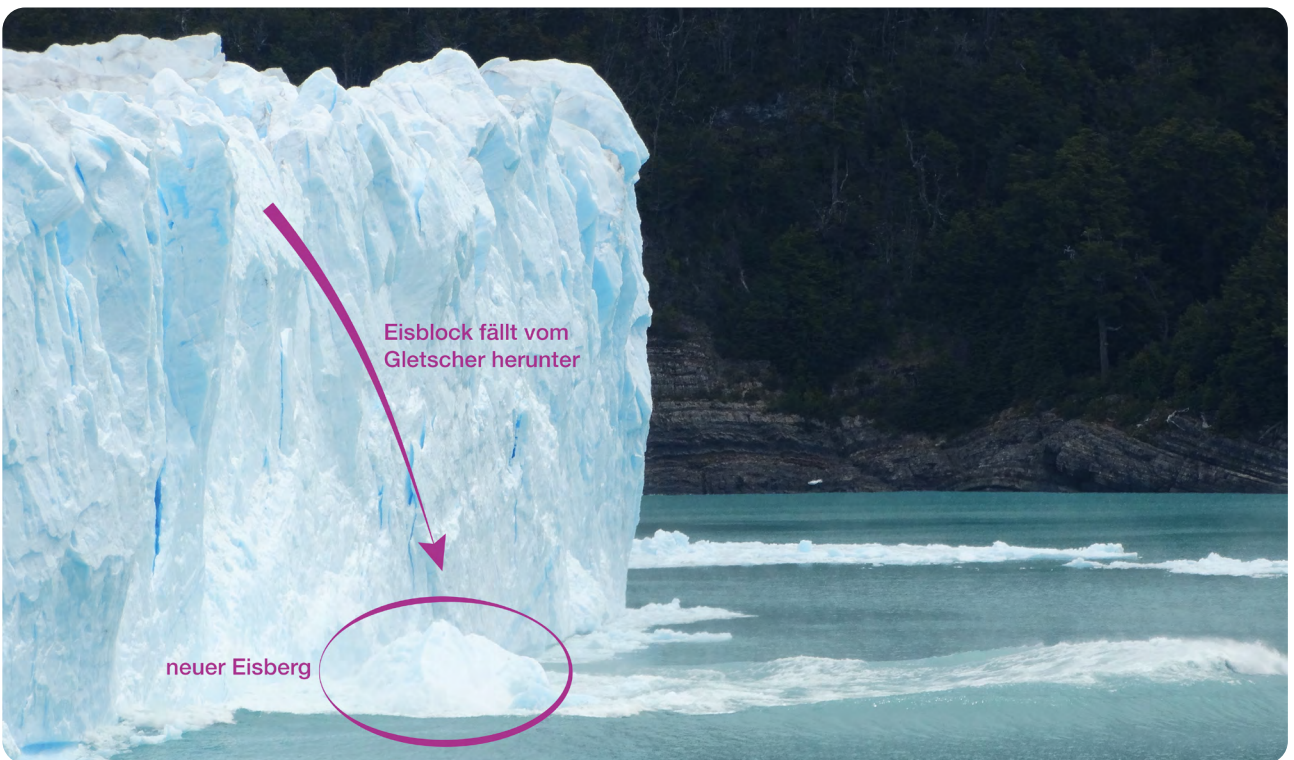


Permafrost

Quelle: Verändert übernommen von „NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio“. <https://svs.gsfc.nasa.gov/3885>



**Meereis** – Das Eis entsteht aus gefrierendem Meerwasser direkt an der Meeresoberfläche.



**Eisberg** – Ein Block löst sich von einem Kontinentalgletscher (der sich auf festem Land befindet) und fällt ins Meer.



Das Bild zeigt einen Gletscher im Argentinischen Patagonien. Die weißen Pfeile deuten an, wo das Wasser aus dem Gletscher fließt.

➔ Was meint ihr, wo das Wasser hinfließt?



Das Bild links unten zeigt das Tal unterhalb des Gletschers, der oben im Bild dargestellt ist. Manchmal bauen die Dorfbewohner sogar Wasserleitungen, um das Wasser aus den Schmelzwasserseen direkt umzuleiten, wie man im Bild unten rechts sehen kann. Das Wasser ist milchig und fließt durch ein grünes Tal; während die Berge auf beiden Seiten des Tals trocken sind.

➔ Was meint ihr, weshalb das Tal so grün ist?





Das Bild zeigt eine Satellitenaufnahme der größten Eiskappe in den Tropen: die Quelccaya-Eiskappe in den peruanischen Anden. Das Bild wurde am 29. Juni 2009 vom koreanischen Komsat-2 Satelliten aufgenommen. Die Farben sind verfälscht: Die Vegetation erscheint rot.

Qori-Kalis-Gletscher



- Seit den 1970er-Jahren schrumpft die Quelccaya-Eiskappe aufgrund der steigenden Temperaturen. Sie hat schon über 20% ihrer Fläche verloren. In dieser trockenen Gegend werden die Gemeinden in den Tälern unterhalb der Quelccaya-Eiskappe mit Trinkwasser und Elektrizität versorgt.
- Man sieht, dass die Vegetation (in rot) hauptsächlich in den Tälern und entlang der Wasserläufe wächst.
- Man erkennt auch die „Gletscherform“ der Täler, die von früheren Gletschern geformt wurden, bevor diese sich zurückgezogen haben.
- Manchen Schätzungen zufolge könnte die Eiskappe innerhalb einiger Jahrzehnte verschwinden. Dadurch wäre die Wasserversorgung für Millionen von Menschen sowie für lokale Ökosysteme gefährdet.
- In der linken oberen Ecke des Bildes sieht man den Qori-Kalis-Gletscher, den Hauptabfluss der Eiskappe. Dieser Gletscher zieht sich zurück – und dieser Prozess hat sich in den letzten Jahren beschleunigt. Seit den 1960er Jahren hat der Gletscher bereits 50% seiner Gesamtlänge verloren. Durch die Gletscherschmelze entstand Ende der 1980er Jahre ein See. Der See ist über die Jahre gewachsen, und es sind weitere kleinere Seen rund um die Eiskappe entstanden.

# UNTERRICHTSSTUNDE C2

## WÄRMEAUSSDEHNUNG DES OZEANS UND ANSTIEG DES MEERESSPIEGELS

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 15 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde/1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler führen ein Experiment durch, um herauszufinden, inwiefern die Wärmeausdehnung von Meerwasser am steigenden Meeresspiegel beteiligt ist. Mithilfe einer Dokumentenanalyse können sie die verschiedenen Auswirkungen des steigenden Meeresspiegels (auf Ökosysteme und Menschen) diskutieren.

### KERNIDEEN

- ~ Wenn die Temperatur der Atmosphäre steigt, steigt auch die Temperatur des Ozeans.
- ~ Der globale mittlere Meeresspiegel ist seit 1900 bereits um etwa 19 cm angestiegen. Er wird weiter ansteigen – je nach Szenario zwischen 25 cm und über 1 m bis zum Jahr 2100.
- ~ Wasser dehnt sich aus, wenn es wärmer wird – wie alle Flüssigkeiten. Diese Wärmeausdehnung ist einer der Gründe für den Anstieg des Meeresspiegels.
- ~ Aufgrund des Anstiegs des Meeresspiegels werden Küstenregionen vermehrt überflutet, was zur Erosion der Küsten führt.
- ~ 2010 lebten 30% der Weltbevölkerung höchstens 100 km vom Meer entfernt.
- ~ Ökosysteme an der Küste sind in Gefahr und könnten sogar zerstört werden.
- ~ Salzwasser könnte ins Grundwasser gelangen.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Wärmeausdehnung, Meerwasser, Anstieg des Meeresspiegels, Hochwasser, Überschwemmung, Küstenerosion, Küstenökosystem, Küstenbewohner

### FORSCHUNGSMETHODE

Experiment und Dokumentenanalyse

## VORBEREITUNG 15 MIN

### MATERIAL

ARBEITSBLÄTTER C2.1, C2.2 und C2.3 (eins pro Gruppe, für fortgeschrittene Schüler)

Für jede Gruppe:

- 1 Flasche oder Erlenmeyerkolben
- 1 Strohhalm oder Pipette
- 1 Stopfen



## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Materie, ob fest oder flüssig, dehnt sich beim Erhitzen aus – mit Ausnahme von Wasser in manchen Temperaturbereichen. Man spricht von **Wärmeausdehnung** oder Dilatation. Wie auf den [Seiten 15 und 17](#) des wissenschaftlichen Überblicks im Detail erklärt, hat der Ozean schon über 90% der zusätzlichen **Wärme** absorbiert, die durch die globale Erwärmung entstanden ist. Das Volumen des Ozeans wird aufgrund der Wärmeausdehnung größer, was wiederum zu einem **Anstieg des Meeresspiegels führt. Ungefähr die Hälfte des seit den 1990er-Jahren beobachteten Anstiegs des Meeresspiegels wird der Wärmeausdehnung des Ozeans zugeschrieben** (die andere Hälfte rührt von schmelzendem Inlandeis her, siehe Unterrichtsstunde C1).

Der Anstieg des Meeresspiegels hat vielerlei Folgen für menschliche Siedlungen und Ökosysteme an der Küste. Auf [Seite 18](#) des wissenschaftlichen Überblicks sind detaillierte Informationen zu den Problemen zu finden, mit denen Küstenbewohner bereits zu kämpfen haben, und die sich aufgrund des Meeresspiegelanstiegs noch verschlimmern werden (2010 lebten 30% der Weltbevölkerung höchstens 100 km vom Meer entfernt).

Ökosysteme an der Küste werden gezwungen sein, wenn möglich, weiter ins Landesinnere zu wandern oder ganz zu verschwinden. In Küstengebieten, die wegen menschlicher Besiedlung befestigt wurden, sind Küstenökosysteme zwischen dem steigenden Meeresspiegel und menschlicher Infrastruktur „eingepfercht“, sie könnten endgültig verschwinden. Das **ARBEITSBLATT C2.1** gibt Einblicke in drei wichtige Ökosysteme an der Küste: **Mangroven**, **Salzwiesen** und **Seegraswiesen**. Aus diesen Ökosystemen beziehen wir Menschen viele Ökosystemdienstleistungen, die wegen des Meeresspiegelanstiegs extrem gefährdet sind.



- gefärbtes Wasser (aus dem Kühlschrank)

**Multimedia:** Interaktive Animation (Anstieg des Meeresspiegels), siehe Seite 187.

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Drucken Sie die **ARBEITSBLÄTTER C2.1** und **C2.2** aus (eins für jede Gruppe), sowie das **ARBEITSBLATT C2.3** (eins pro Schüler).
2. Stellen Sie das gefärbte Wasser rechtzeitig in den Kühlschrank.

## EINFÜHRUNG 20 MIN

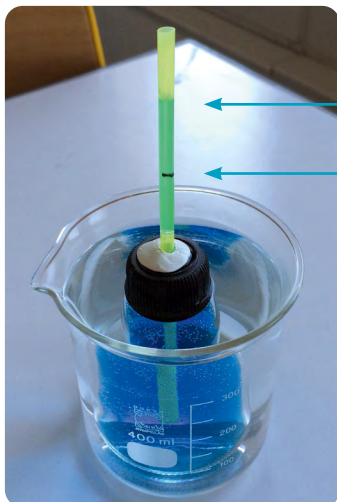
Gehen Sie noch einmal auf die wichtigsten Erkenntnisse der Unterrichtsstunde C1 ein: Die Atmosphäre und der Ozean erwärmen sich, und das Schmelzen von Inlandeis führt zu einem Anstieg des Meeresspiegels. Erklären Sie den Schülern, dass nur ca. die Hälfte des Meeresspiegelanstiegs seit den 1990er Jahren von schmelzenden Gletschern und Eisschilden herrührt (Inlandeis). Fragen Sie die Klasse: *Was könnte noch zu einem Anstieg des Meeresspiegels führen?* Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass die Schüler auf die Wärmeausdehnung von Wasser kommen. Sie könnten den Schülern ein analoges Thermometer zeigen und sie erklären lassen, wie es funktioniert (Wenn die Flüssigkeit in dem Röhrchen wärmer wird, dehnt sie sich aus: Die Flüssigkeitssäule in dem Röhrchen steigt).

## DURCHFÜHRUNG 1 STUNDE

### TEIL 1 (30 MIN): WÄRMEAUDEHNUNG VON MEERWASSER

3. Zeigen Sie den Schülern das verfügbare Material. Sie sollen sich überlegen, wie sie herausfinden können, ob die Erwärmung des Meeres zu einem Anstieg des Meeresspiegels führt. Sind die Schüler jünger, können Sie Flasche, Stopfen und Strohalm im Vorfeld zusammenstecken.

4. Die Schüler führen das Experiment durch.



Eine Wasserflasche wird in einem Wasserbad aufgeheizt. Die Wassersäule im Strohalm ist gestiegen.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

- Bei Plastikflaschen steigt das Wasser im Strohalm auch dann, wenn die Flasche gequetscht wird. Daher ist eine Glasflasche geeigneter. Glas leitet außerdem die Wärme besser, was hier sehr praktisch ist.
- Die Flasche muss bis zum Rand gefüllt sein (ein wenig von dem gefärbten Wasser sollte in dem Strohalm aufsteigen. Es darf keine Lücke zwischen Stopfen und Strohalm geben. Knete oder ein Kaugummi eignen sich zum Abdichten.
- Das Wasser in der Flasche kann auf verschiedene Weise erwärmt werden. Die Schüler können die Flasche zwischen ihren Händen halten, oder sie auf einen Heizkörper oder in die Sonne stellen. Am schnellsten geht es, wenn der Flasche in einen Behälter mit warmem Wasser gestellt wird (eine Temperatur von 40°C reicht aus). Die Flasche mit den Händen zu wärmen ist eine interessante Option, weil sie den Schülern zeigt, dass selbst eine leichte Veränderung der Temperatur eine sichtbare Wirkung hat.
- Je kälter das Wasser in der Flasche zu Beginn des Experiments ist, desto besser sieht man die Ausdehnung. Daher empfiehlt es sich, die Flasche mit gekühltem Wasser zu füllen statt mit Wasser aus der Leitung.
- Mit diesem Versuchsaufbau kann sogar eine kleine Veränderung im Wasservolumen sichtbar gemacht werden.

### TEIL 2 (30 MIN, FÜR FORTGESCHRITTENE SCHÜLER): DIE FOLGEN DES MEERESSPIEGELANSTIEGS

5. Lassen Sie die Schüler die **ARBEITSBLÄTTER C2.1**, **C2.2** und **C2.3** lesen und die Fragen beantworten. Diskutieren Sie mit ihnen anschließend die verschiedenen Folgen des Meeresspiegelanstiegs: Küstenerosion, Zerstörung von Ökosystemen an der Küste, Auswirkungen auf die Lebensgrundlage der Bevölkerung sowie auf den Tourismus. Manche Küstenbewohner werden ihr Zuhause verlassen und auswandern müssen.

## NACHBEARBEITUNG 10 MIN

Diskutieren Sie die Schlussfolgerungen:

- Meerwasser dehnt sich beim Erwärmen aus. Es ist wichtig, das Experiment in den richtigen Kontext zu stellen, damit die Schüler verstehen, dass der Wasserstand im Strohalm für den Meeresspiegel im Ozean steht.
- Der Anstieg des Meeresspiegels kommt hauptsächlich durch das Schmelzen von Inlandeis (siehe Unterrichtsstunde C1, Seite 71) und durch die Wärmeausdehnung des Ozeans zustande. Beide Phänomene sind Folgen des Klimawandels.

Für fortgeschrittene Schüler:

- Der Meeresspiegelanstieg führt zu Problemen für Küstenökosysteme und Küstenbewohner.
- Der Meeresspiegelanstieg ist nicht überall gleich. In einigen Regionen steigt er schneller an als in anderen.

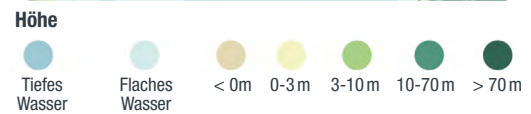
# ARBEITSBLATT C2.1



Bangladesch ist ein Land in Südasien. Der Ganges, der Brahmaputra und das Delta dieser beiden Flüsse erstrecken sich über einen Großteil des Landes. Das Delta ist eine sehr fruchtbare Region. Der größte Teil des Landes liegt unter 12m über dem Meeresspiegel. Bangladesch ist eines der Länder mit der dichtesten Bevölkerung weltweit: Es hat über 160 Millionen Einwohner.

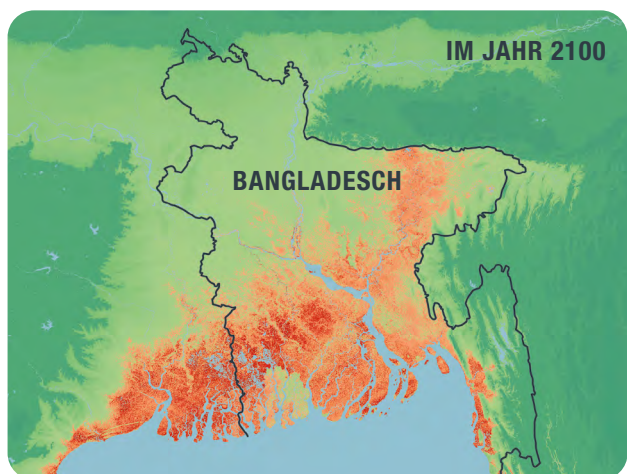
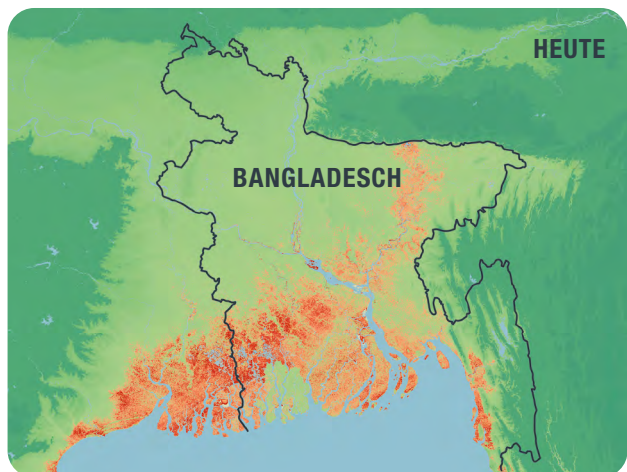
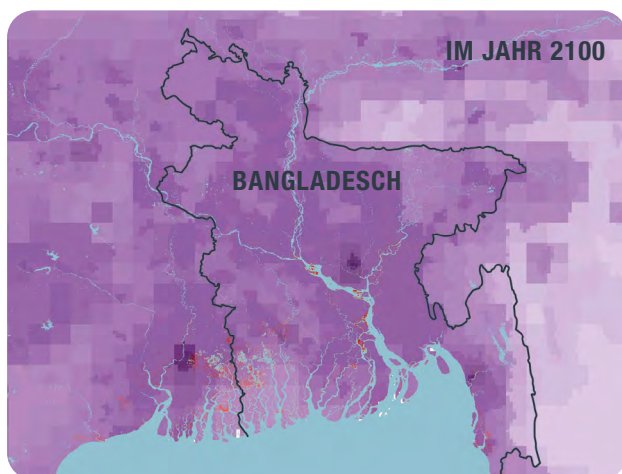
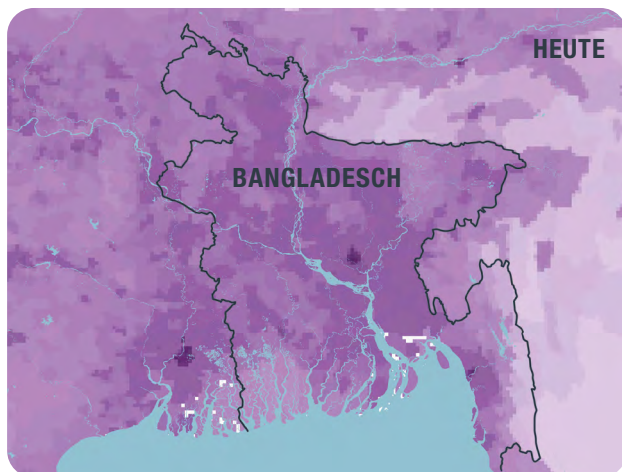
Schaut euch das Bild rechts an:

➔ Welche Region von Bangladesch liegt am niedrigsten?



Schaut euch die Bilder unten an:

- ➔ In welcher Region von Bangladesch leben die meisten Menschen?
- ➔ Welchen Unterschied gibt es zwischen der aktuellen Bevölkerung und der Bevölkerung, die für das Jahr 2100 erwartet wird?
- ➔ Welche Folgen des Klimawandels werden die Menschen in Bangladesch am meisten betreffen?
- ➔ Wie wird sich das Risiko für Überschwemmungen von heute bis 2100 verändern?



Anmerkung: „Heute“ entspricht einem Zeitpunkt zwischen 2000 und 2015, abhängig von den verfügbaren Daten.



Lest die verschiedenen Steckbriefe der drei Küstenökosysteme.

- ➔ **Listet Gründe auf, weshalb diese Ökosysteme wichtig sind. Erklärt, welche Bedeutung die Ökosysteme für die lokale Bevölkerung haben.**

## MANGROVEN

Mangroven sind Bäume und Sträucher, die in der Gezeitenzone der Küste wachsen. Mangroven gedeihen im Salz- oder Brackwasser auf sauerstoffarmen Böden. Mangrovenwälder wachsen nur an tropischen und subtropischen Küsten.

Mangrovenwälder schützen die Küste, weil sie die Wucht der Wellen dämpfen und Erosion verhindern. Durch das dichte Wurzelsystem der Mangroven sind die Wälder attraktiv für Fische und andere Lebewesen, die dort Futter und Schutz vor Fressfeinden finden. Mangroven können viel  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre aufnehmen und in den Böden lagern.



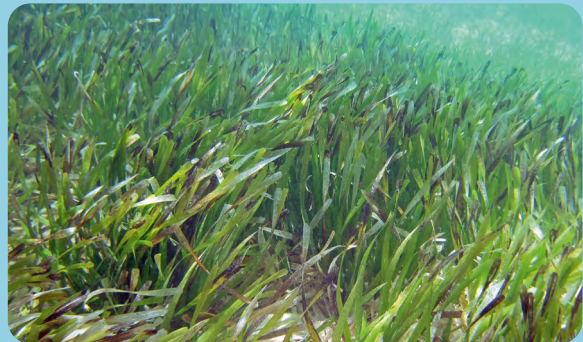
## SALZWIESEN

Salzwiesen treten in gemäßigten und arktischen Regionen auf. Gräser, Kräuter und Büsche wachsen in der Gezeitenzone im Salz- oder Brackwasser, oft in der Nähe von Flussmündungen. Salzwiesen sind Feuchtgebiete an der Küste, die bei Flut regelmäßig unter Wasser stehen. Der Boden ist daher schlammig und sauerstoffarm. Salzwiesen schützen die Küste, weil sie die Wucht von Wellen dämpfen und Sedimente binden. Sie reduzieren auch Überflutungen, weil sie das Regenwasser auffangen. Sie fungieren als Filtersystem, indem sie chemische Verunreinigungen aus dem Wasser aufnehmen. Außerdem sind sie ein wichtiger Lebensraum, der Unterschlupfmöglichkeiten und Nahrung bietet sowie Nistplätze für Vögel. Salzwiesen binden  $\text{CO}_2$  aus der Atmosphäre und speichern es.



## SEEGRASWIESEN

Seegräser werden oft mit Seetang verwechselt. Es sind aber keine Algen, sondern Pflanzen mit Wurzeln und Blättern, die Blüten und Samen produzieren. Sie können auf schlammigem, felsigem oder sandigem Boden wachsen. Man findet sie in seichtem Salz- oder Brackwasser, von den Tropen bis zum Polarkreis. Sie können dichte Unterwasserwiesen bilden, manchmal so groß, dass sie aus dem Weltall sichtbar sind. Seegraswiesen schützen die Küste vor Erosion. Sie können  $\text{CO}_2$  in ihren Wurzeln und im Boden binden und sind gute Filtersysteme. Sie bieten Unterschlupf und Nahrung für zahlreiche Tiere.



Anmerkung:

**Die Gezeitenzone** ist eine Zone, die bei Flut unter Wasser und bei Ebbe trockenliegt.

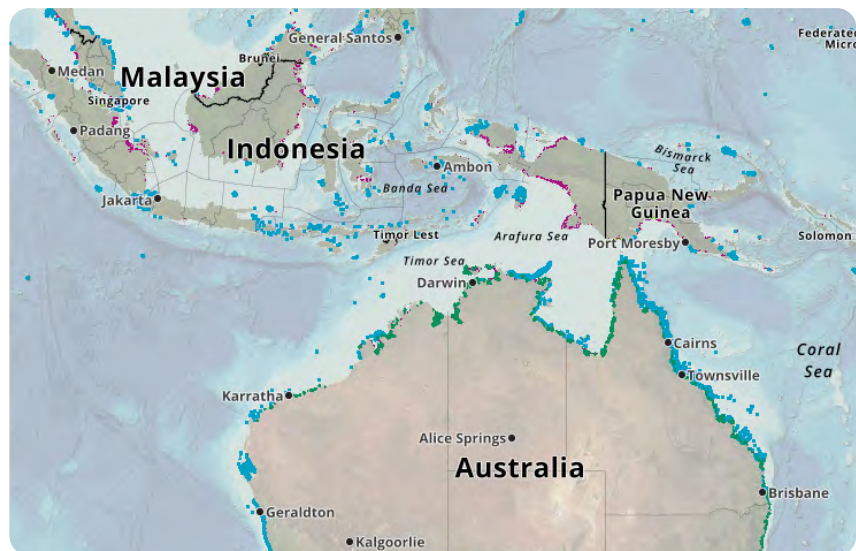
**Brackwasser** ist ein Gemisch aus Meerwasser und Süßwasser, das salziger als Süßwasser ist, aber weniger salzig als Meerwasser.

## ARBEITSBLATT C2.3



Untersuche die folgenden Karten, auf denen Australiens Nordküste sowie die Küsten von Papua-Neuguinea und Indonesien zu sehen sind.

- ➔ Beschreibe, was dir bei der Verteilung von Mangroven, Salzwiesen und Seegraswiesen an den Küsten auffällt.

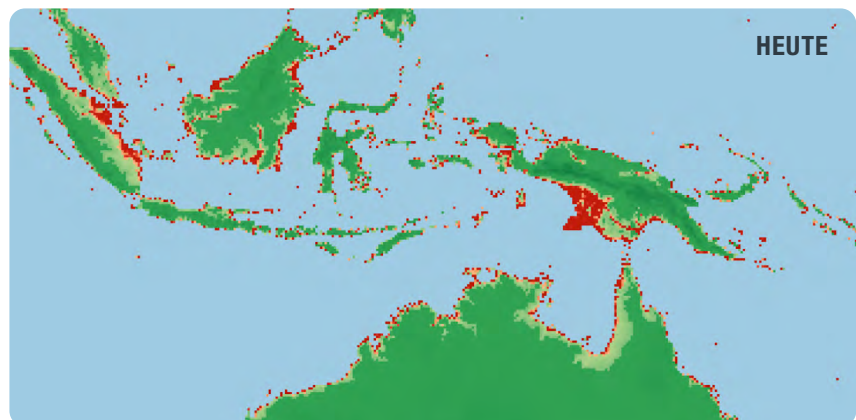


● Mangroven ● Salzwiesen ● Seegraswiesen

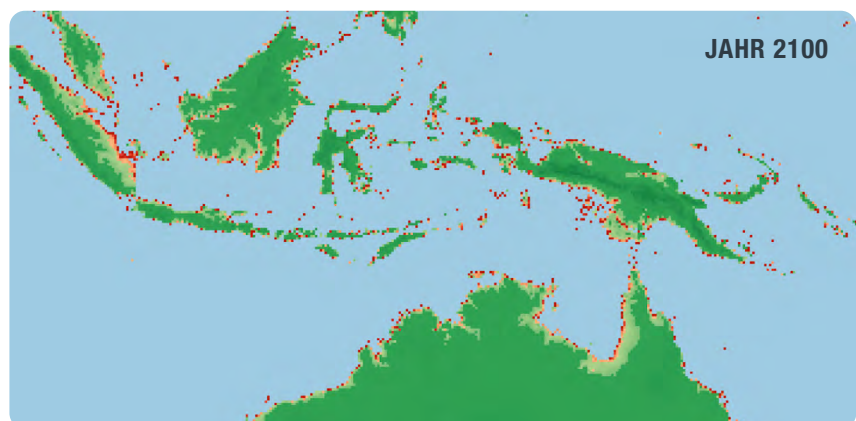
Quelle: UNEP Ocean Data Viewer (angepasst) – <http://data.unep-wcmc.org/datasets>

Sieh dir das derzeitige Überschwemmungsrisiko für die verschiedenen Küstenabschnitte an (Karte „Heute“), und anschließend das Risiko, das für den zukünftigen Meeresspiegelanstieg bis zum Jahr 2100 vorhergesagt wird.

- ➔ Sinkt oder steigt das Überschwemmungsrisiko für die Gebiete an der Küste?
- ➔ Sind unter den überfluteten Gebieten Regionen mit bedeutenden Küstenökosystemen (Mangroven, Salzwiesen oder Seegraswiesen)?
- ➔ Was meinst du, was mit diesen Ökosystemen passieren wird?
- ➔ Wie wird das die örtliche Bevölkerung treffen, die von diesen Ökosystemen abhängt?



Karte zum Überschwemmungsrisiko im Jahr 2000



Karte zum Überschwemmungsrisiko im Jahr 2100. Die Karte basiert auf einem der möglichen Szenarien zu künftigen Treibhausgasemissionen.

● hohes Risiko ● niedriges Risiko ● sicher ● Höhenlage

Anmerkung: „Heute“ entspricht einem Zeitpunkt zwischen 2000 und 2015, je nach verfügbaren Daten.

Die Karte für 2100 beruht auf der Annahme, dass Gebiete, in denen heute ein Überschwemmungsrisiko besteht, am Ende des Jahrhunderts überschwemmt sein werden (d. h. sie werden unter Wasser liegen).

# UNTERRICHTSSTUNDE C3

## DIE „WEISSE“ KRYOSPHERE UND IHRE ALBEDO

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 20 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler diskutieren die Rolle des Meereises für das Klima der Erde. Sie führen ein Experiment durch, das ihnen zeigt, wie wichtig die Kryosphäre als Oberfläche mit hoher Albedo ist. Sie erkennen, dass es im Klimasystem Rückkopplungen gibt.

### KERNIDEEN

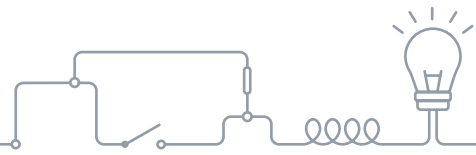
- ~ Aufgrund ihrer weißen Farbe reflektiert die Kryosphäre den größten Teil der einfallenden Sonnenstrahlung. Sie reguliert die Energiemenge, die von der Erde aufgenommen wird.
- ~ Die Fähigkeit einer Oberfläche, Sonnenstrahlung zu reflektieren, heißt Albedo.
- ~ Ohne die Kryosphäre wäre die Temperatur der Erdoberfläche höher.
- ~ Wenn die Kryosphäre schmilzt, wird die Gesamtalbedo der Erde kleiner, was zu einer zusätzlichen Erwärmung führt. Die mit Eis bedeckte Erdoberfläche schrumpft jedes Jahr schneller. Dadurch kommt ein gefährlicher Teufelskreis in Gang, der als positive Rückkopplung bezeichnet wird.
- ~ Im Klima-Ozean-Kryosphäre-System gibt es viele Rückkopplungsschleifen (sowohl positive als auch negative), die sehr schwer zu stoppen sind, wenn sie einmal in Gang gesetzt sind.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Kryosphäre, Reflexion, Albedo, zusätzliche Erwärmung, Rückkopplungsschleife

### FORSCHUNGSMETHODE

Experiment und Dokumentenanalyse



- 1 Glühlampe (min. 60 W, wenn möglich 100 W; Glühlampe oder Halogenleuchte, keine Energiesparlampe oder LED) in einer Fassung mit Halterung, die fest angebracht und zum Tisch hin gedreht werden kann. Anmerkung: Wenn die Sonne scheint, braucht man die Glühlampen nicht unbedingt, dann können die Experimente in der Sonne durchgeführt werden.
- Thermometer

**Multimedia:** Video (Meereis und Albedo), siehe [Seite 186](#).

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Drucken Sie das **ARBEITSBLATT C3.1** aus oder projizieren Sie es an die Wand.
2. Laden Sie das Video von der OCE-Webseite herunter. Siehe [Seite 184](#).

## EINFÜHRUNG 20 MIN

Zeigen Sie den Schülern die beiden Satellitenbilder des Arktischen Ozeans aus **ARBEITSBLATT C3.1**: Der Unterschied zwischen der Ausdehnung des Meereises im Jahr 1979 und 2015 ist bemerkenswert. Fragen Sie: Was zeigt das Bild? Was sind die Unterschiede zwischen beiden Satellitenbildern? Die Schüler werden feststellen, dass 2015 die durch weißes Meereis bedeckte Oberfläche kleiner geworden ist und durch dunkleren Ozean ersetzt wurde.

Erinnern Sie die Schüler an die Unterrichtsstunde C1, in der es um die schmelzende Kryosphäre ging. Dort hatten sie gelernt, dass Meereis nicht zum Meeresspiegelanstieg beiträgt

Fragen Sie jetzt: *Warum machen wir uns über das Schmelzen von Meereis Gedanken, wo es doch nicht zum Meeresspiegelanstieg beiträgt?* Meistens erwähnen die Schüler die Eisbären, die darunter leiden, dass ihr Jagdgebiet kleiner wird. Eisbären sind bedroht, weil die Meereisfläche schrumpft. Die mit Eis bedeckten Regionen werden die Schüler an ihrer weißen Farbe erkannt haben, der Ozean ringsum ist dunkel. Fragen Sie: *Warum spielt die Farbe von Eis eine Rolle? Ist der Farbunterschied zwischen Eis und Meer wichtig? Warum? Was absorbiert mehr Sonnenstrahlung: das Eis oder der Ozean?*

## VORBEREITUNG 20 MIN

### MATERIAL

Für jede Gruppe:

- **ARBEITSBLATT C3.1**
- 1 weißer Behälter oder Behälter mit weißer Tinte
- 1 dunkelblauer Behälter oder Behälter mit dunkelblauer Tinte

## DURCHFÜHRUNG 50 MIN

1. Nachdem die Schüler ihre Hypothesen aufgestellt haben, fragen Sie sie, wie sie diese überprüfen könnten. Ermutigen Sie die Schüler zu einem Experiment. Hier sind zwei Beispiele:

- Gießt gleich viel Wasser in zwei identische Gefäße (vorzugsweise mit Deckel) – eins davon weiß (wie das Eis), das andere dunkelblau (wie der Ozean). Man kann auch direkt das Wasser färben, indem man weiße oder dunkelblaue Tinte einrührt. Stellt die Behälter in die Sonne oder unter eine Glühlampe. Misst die Wassertemperatur in den beiden Behältern.
- Macht ein ähnliches Experiment mit zwei unterschiedlich gefärbten Stoffen. Ihr könnt zum Beispiel die Temperatur unter einem weißen und einem schwarzen T-Shirt messen, die beide in der Sonne oder unter einer Lampe liegen.



(A) Experiment mit zwei Behältern mit gefärbtem Wasser



(B) Experiment mit einem schwarzen und einem weißen Stück Stoff

2. Die Schüler lesen die Temperaturwerte ab und schreiben sie auf – z. B. alle 5 Minuten während etwa 20 Minuten. Fragen Sie: *Könnt ihr vorhersagen, was passieren wird?*

3. Während der 20 Minuten sollen die Schüler zwei Diagramme mit der Temperaturentwicklung zeichnen (eins für den dunkelblauen Behälter und eins für den weißen). Beim Vergleich der beiden Diagramme werden sie feststellen, dass die Temperatur im dunkelblauen Behälter schneller steigt als im weißen. Am Ende des Experiments ist die Temperatur im dunklen Behälter höher.

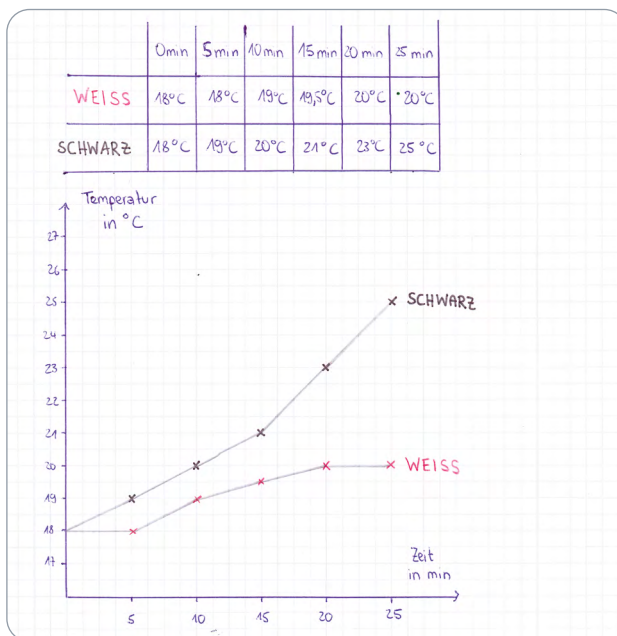


Diagramme mit der Temperaturentwicklung in den zwei Behältern von Experiment (A)

4. Diskutieren Sie die Ergebnisse mit den Schülern. Fragen Sie: *Tragt ihr an einem heißen, sonnigen Tag lieber ein weißes oder ein schwarzes T-Shirt? Die Schüler können noch mehr Bezüge zwischen den Ergebnissen des Experiments und ihrer Alltagserfahrung finden, zum Beispiel: Was passiert, wenn im Sommer ein Auto in der Sonne steht? Macht die Farbe des Autos oder der Sitze einen Unterschied?*

## NACHBEARBEITUNG 20 MIN

Erläutern Sie den Schülern das Wort „Albedo“. Eis hat eine größere Albedo als Meerwasser. Die Schüler sollen versuchen, das Wort „Albedo“ anhand ihrer in der Unterrichtsstunde gemachten Beobachtungen zu definieren. Die Schüler könnten zum Beispiel solch einen Satz formulieren: Etwas hat eine hohe Albedo, wenn es das Sonnenlicht gut reflektiert.

Fassen Sie die Ergebnisse der Unterrichtsstunde C1 zusammen: Große Eisflächen (Eisschilde, Meereis, Gletscher) schmelzen wegen des Klimawandels. Fragen Sie: *Nach dem, was wir gerade mit dem hellen und dunklen Behälter gesehen haben: Was könnten die Folgen von schmelzendem Eis sein? Was ist an Eis*

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Die Gleichgewichtstemperatur an der Oberfläche der Erde hängt stark von der Sonnenstrahlung ab, die auf unserem Planeten ankommt – siehe die Seiten 8-11 des wissenschaftlichen Überblicks. In den Unterrichtsstunden B1 und B2 haben wir gesehen, dass die ankommende und von der Erdoberfläche absorbierte Strahlung zum Teil als Infrarotstrahlung zurückgestrahlt wird. Es wird allerdings nicht die gesamte ankommende Strahlung von der Erdoberfläche absorbiert; ein Teil wird direkt zurück ins Weltall reflektiert.

Die Farbe der Erdoberfläche ist nicht überall gleich – man denke an den Ozean, verschneite Berggipfel, Wälder oder Sandstrände. Je weißer eine Oberfläche ist, desto mehr Sonnenstrahlung strahlt sie ins Weltall zurück. **Die „Weiße“ wird durch eine Größe namens Albedo gemessen.** Eis und Neuschnee haben eine hohe Albedo (40% bis 80%), während das dunkle Wasser im Arktischen Ozean eine geringe Albedo hat (<10%). Wenn weißes Eis auf der Meeresoberfläche schmilzt und damit dauerhaft verschwindet, absorbiert die dunklere Oberfläche des Ozeans mehr Strahlung. Dadurch wird der Ozean wärmer, es schmilzt noch mehr Eis, die (dunkle) Ozeanoberfläche wird noch größer usw. Dieser sich selbst verstärkende Effekt heißt **positive Rückkopplung**, wobei das Phänomen selbstbeschleunigend ist.

Im Klimasystem gibt es zahlreiche Rückkopplungen, sowohl positive (Beschleunigung von Veränderungen) als auch negative (Verlangsamung von Veränderungen). Wegen dieser Rückkopplungen können kleine Veränderungen in einigen wenigen Teilen des Klimasystems große Auswirkungen haben und das momentane Gleichgewicht des gesamten Systems destabilisieren.

so *besonders*? Inzwischen dürften die Schüler verstehen, dass der teilweise oder vollkommene Rückzug des Meereises dazu führt, dass die Ozeane wärmer werden.

Es sollte hervorgehoben werden, dass hier eine **positive Rückkopplungsschleife** vorliegt: Je höher die Temperatur der Atmosphäre ist, desto höher ist die Temperatur des Ozeans, und deshalb schmilzt mehr Eis und die Albedo verringert sich. Dies führt wiederum zu höheren Temperaturen in der Atmosphäre usw. Sie können die Schüler diese Schleife an die Tafel malen lassen und darüber sprechen, dass es viele verschiedene Rückkopplungen im Klima-Ozean-Kryosphäre-System gibt und dass diese unser Klima stark beeinflussen.

In dieser Unterrichtsstunde wurde hauptsächlich der Albedo-Effekt in Zusammenhang mit schmelzendem Meereis besprochen, aber Gletscher und Eisschilde haben auch eine große Albedo: Wenn das Eis oder der Schnee schmelzen, verändert sich die Farbe von hell (Eis-/Schneeflächen) zu dunkel (Felsen/Erde). Dadurch wird die angrenzende Kryosphäre erwärmt und schmilzt ebenfalls. In einigen Teilen der Erde, zum Beispiel in der Schweiz, bedecken die Menschen Teile einiger Gletscher mit weißen Decken, damit sie im Sommer nicht so sehr schmelzen.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Die Schüler könnten fragen, ob die globale Erwärmung zu mehr Verdampfung von Wasser und damit zu mehr Wolken führt (die aus dem All weiß aussehen). Dies würde wegen der höheren Albedo zu einer globalen Abkühlung führen. So etwas bezeichnet man als negative Rückkopplung: ein Mechanismus, der gegensteuert (mehr Verdampfung → mehr Wolken → höhere Albedo → niedrigere Temperatur → weniger Verdampfung).

Das Klima der Zukunft wird dadurch bestimmt, ob positive oder negative Rückkopplungen im Klimasystem die Oberhand haben (einige Rückkopplungen sind vielleicht noch unbekannt). Klimamodelle versuchen, all diese Rückkopplungen zu berücksichtigen.

### OPTIONALE ERWEITERUNG

Untersucht die Auswirkungen von schmelzendem Meereis auf polare Ökosysteme und indigene Völker.

### → TIPP FÜR DEN WEITEREN UNTERRICHTSVERLAUF

Siehe die Unterrichtsstunden D2 (Seite 106) und D3 (Seite 127).

## ARBEITSBLATT C3.1



Die zwei Satellitenbilder zeigen die Ausdehnung des arktischen Meereises im September 1979 und im September 2015.

➔ Beschreibt, was ihr seht.



Quelle: NASA – <https://svs.gsfc.nasa.gov/4435>



# UNTERRICHTSSTUNDE C4

## OZEANVERSAUERUNG

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 10 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler führen ein Experiment durch, bei dem sie den Zusammenhang zwischen Säuregehalt und pH-Wert sowie zwischen der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre und der Versauerung des Ozeans erkennen. Sie untersuchen die Auswirkungen der Ozeanversauerung auf die Lebewesen im Meer.

### KERNIDEEN

- ~ Der Ozean nimmt immer mehr  $\text{CO}_2$  auf.
- ~ Die Ozeane sind eine wichtige  $\text{CO}_2$ -Senke. Sie haben in den letzten 200 Jahren fast 30% des menschengemachten  $\text{CO}_2$  aufgenommen.
- ~ Wenn sich  $\text{CO}_2$  im Meerwasser löst, reagiert es mit dem Wasser zu Kohlensäure und trägt zur Ozeanversauerung bei.
- ~ Die Schalen vieler Meeresbewohner lösen sich in sehr saurem Wasser auf.
- ~ Die Bildung neuer Schalen wird schwieriger, wenn der Ozean saurer wird.
- ~ Schalentiere, Korallen, Plankton, Seeigel und Seesterne sind nur einige der betroffenen Meeresbewohner.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Ozeanversauerung,  $\text{CO}_2$ -Aufnahme, Kohlensäure, pH-Wert

### FORSCHUNGSMETHODE

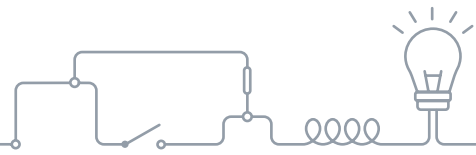
Experiment

## VORBEREITUNG 10 MIN

### MATERIAL

- 1 Strohhalm und 1 Behälter (für jede Gruppe)
- 3 verschiedene Muscheln und 3 Behälter
- Flüssigkeiten, deren Säuregehalt geprüft werden soll: Wasser, Essig, Softdrinks, Zitronensaft, usw.
- pH-Meter oder pH-Testset für Schwimmbäder oder Rotkohlsaft (für jede Gruppe)

**Multimedia:** Video (Ozeanversauerung), siehe [Seite 185](#).



### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

Laden Sie das Video von der OCE-Webseite herunter. Siehe [Seite 184](#).

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Wenn Sie kein pH-Meter oder pH-Testset für Schwimmbäder zur Hand haben, können Sie „hausgemachten“ Rotkohlsaft herstellen:

- Füllen Sie den kleingeschnittenen Rotkohl in einen Behälter und stellen Sie ihn für einige Stunden ins Tiefkühlfach. Dadurch brechen die Zellwände des Rotkohls auf, wodurch die Farbe des Saftes noch intensiver wird.
- Gießen Sie kochendes Wasser über den Rotkohl. Das Wasser wird dunkelviolet. Gießen Sie den Rotkohlsaft durch ein Sieb und schon ist der Rotkohlsaft fertig.
- Um den Rotkohlsaft zu testen, pusten Sie durch einen Strohhalm in ein mit Rotkohlsaft gefülltes Glas. Die Farbe sollte sich von dunkelviolet zu pink-violet verändern. Wenn Sie Essig zum Rotkohlsaft geben, sollte die Lösung leuchtend pink werden, und bei Zugabe von Natriumbikarbonat (Natron) wird sie grün-blau.

Sie sollten den Rotkohlsaft im Vorfeld testen. Er funktioniert am besten, wenn er nicht zu lange vor dem Gebrauch hergestellt wird (1 Tag). Im Tiefkühlfach hält er sich allerdings mehrere Monate.

## EINFÜHRUNG 20 MIN

Fragen Sie die Schüler: *Was meint ihr, was mit dem ganzen  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre geschieht? Bleibt es dort? Wo kann es sonst hingehen?* Wahrscheinlich werden einige Schüler antworten, dass die Pflanzen das  $\text{CO}_2$  absorbieren. Ihnen wird vermutlich aber nicht klar sein, dass der Ozean einen großen Teil des  $\text{CO}_2$  aufnimmt.

Fragen Sie die Schüler, was ihrer Meinung nach passiert, wenn sich  $\text{CO}_2$  im Ozean löst. Es könnten Vorschläge kommen wie mögliche Auswirkungen auf Meerestiere und Wasserverschmutzung. Diskutieren Sie mit ihnen die Tatsache, dass der Ozean saurer wird, wenn die  $\text{CO}_2$ -Konzentration im Wasser steigt.

Fragen Sie die Schüler, welche sauren Flüssigkeiten sie kennen (Essig, Zitronensaft, usw.), und stellen Sie ihnen das pH-Meter vor. Alternativ können Sie ein pH-Testset für Schwimmbäder oder Rotkohlsaft verwenden.

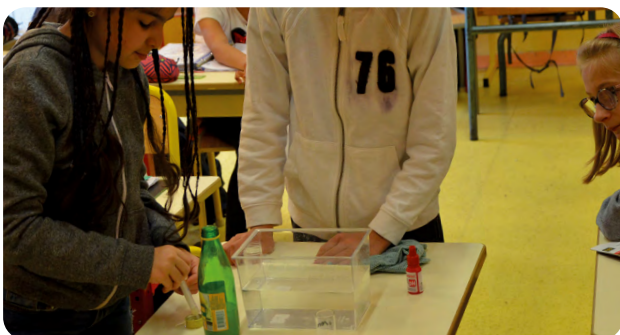
### → TIPP FÜR LEHRENDE

Wenn Sie die Unterrichtsstunden B1, B2 oder B3 mit der Klasse durchgeführt haben, wissen die Schüler bereits, dass die steigenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zur globalen Erwärmung beitragen. Sonst können Sie die Schüler eine kurze Literaturrecherche machen lassen, um diesen Zusammenhang einzuführen (z. B. die Beziehung zwischen der globalen Temperatur und der Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre seit der industriellen Revolution). In der vergangenen Unterrichtsstunde wurden bereits einige der Folgen dieser globalen Erwärmung untersucht. Die steigende CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre hat jedoch neben der globalen Erwärmung noch andere Folgen, etwa die Versauerung der Ozeane.

## DURCHFÜHRUNG 1 STUNDE

### TEIL 1 (30 MIN): OZEANVERSAUERUNG

1. Die Schüler messen in Gruppen den pH-Wert verschiedener Flüssigkeiten (Wasser, Essig, Softdrinks, Zitronensaft, usw.). Damit können Sie die Beziehung zwischen pH-Wert und Säuregrad nachvollziehen. Wenn ihnen diese Beziehung klar geworden ist, können sie zum nächsten Schritt übergehen.



Schüler führen pH-Tests durch.

2. Fragen Sie: *Habt ihr eine Idee, wie wir herausfinden können, ob unsere Hypothese stimmt, dass CO<sub>2</sub> den Säuregehalt von Meerwasser erhöht?* Einige Minuten durch einen Strohhalm in ein Glas Wasser zu pusten reicht aus, um zu zeigen, dass diese Hypothese stimmt. Die Schüler können Salz im Wasser lösen, damit es dem Meerwasser ähnlicher ist. Das steigert auch den ursprünglichen pH-Wert des Wassers (ca. 8 bei Meerwasser). Außerdem wird es dann leichter, einen Farbunterschied vor und nach dem Pusten zu erkennen, falls Rotkohlsaft als pH-Indikator verwendet wird.

3. Erklären Sie, dass Meerwasser CO<sub>2</sub> aufnehmen kann, und wie das zur Ozeanversauerung führt. In den vergangenen 200 Jahren haben die Ozeane schon ca. 30% des anthropogenen CO<sub>2</sub> aufgenommen.



Wenn die Schüler durch einen Strohhalm pusten, fügen sie dem Wasser CO<sub>2</sub> hinzu.

### TEIL 2 (30 MIN): FOLGEN DER OZEANVERSAUERUNG FÜR MEERESBEWOHNER

4. Fragen Sie: *Was wird wohl mit den Lebewesen passieren, die im Ozean leben?* Häufige Antworten sind, dass die Lebewesen durch das CO<sub>2</sub> vergiftet werden oder ersticken, oder Fehlbildungen bekommen, sich weniger oder nicht mehr vermehren usw.

5. Die Schüler sollen sich ein Experiment ausdenken, das zeigen könnte, ob Säure den Meeresbewohnern schaden kann. Man kann zum Beispiel mit Überresten oder toten Tieren (Korallen, Muscheln usw.) experimentieren. Die Schüler sollen das Ergebnis des Experiments voraussagen.

Einige Hypothesen:

- In Essig zerfällt die Muschel in mehrere Stücke.
- In Essig bekommt die Muschel Löcher.
- Die Muschel verliert in Essig ihre Farbe.
- Die Muschel wird in Essig verschwinden.
- Es gibt keine sichtbaren Unterschiede zwischen Wasser und Essig.

6. Das Experiment könnte wie folgt aussehen:

- Legen Sie drei Muscheln (oder Ähnliches) in drei verschiedene Lösungen: in Wasser (Kontroll experi-

ment), in Essigwasser, und in reinen Essig (siehe Abbildung unten für reines Wasser und reinen Essig). Nach einigen Minuten beginnen die Muscheln, sich aufzulösen – es erscheinen Blasen, das Wasser wird trüb. Fragen Sie die Schüler: *Was meint ihr, woraus die Blasen bestehen?* Sie bestehen aus Kohlenstoffdioxid, das entsteht, wenn eine Säure (Essig) mit dem Kalk der Muscheln reagiert. Über Nacht wird sich die Muschel im Essig vollständig auflösen.

- Den Schülern sollte klar sein, dass dieses Experiment die Wirklichkeit überspitzt: Essig ist viel saurer als Meerwasser (Essig hat einen pH-Wert von 2-3, Meerwasser hatte 2013 einen pH-Wert von ca. 8,05).

#### → TIPP FÜR LEHRENDE

Verschiedene Muscheln haben verschiedene chemische Zusammensetzungen. Je nach Kalkmenge in der Muschel kann die Reaktion auf Essig unterschiedlich sein (es entstehen mehr/weniger Bläschen).



Sich auflösende Muscheln in Essig



Students observing the effect of vinegar on shells. Schülerinnen beobachten, was der Essig mit den Muscheln macht.

### NACHBEARBEITUNG 10MIN

Zeigen Sie zum Abschluss das Video zu den Auswirkungen der Ozeanversauerung auf Plankton und Korallen. Die Klasse kann nun eine gemeinsame Schlussfolgerung zu den Auswirkungen der Ozeanversauerung auf Meereslebewesen schreiben: Die Schalen von Meereslebewesen können beschädigt werden, und die Bildung neuer Schalen kann erschwert werden. Die Ozeanversauerung beeinträchtigt alle Tiere mit Schale oder Exoskelett<sup>1</sup> aus Kalk.

<sup>1</sup> Ein Exoskelett ist ein Außenskelett – es befindet sich außerhalb und nicht im Körper. Der Mensch hat zum Beispiel ein inneres Skelett, während eine Krabbe ein Exoskelett hat.

#### → TIPP FÜR DEN WEITEREN UNTERRICHTSVERLAUF

Sie können direkt zur Unterrichtsstunde D2 übergehen (Seite 106), wenn Sie das Gefühl haben, die Schüler würden gern die möglichen Auswirkungen der Ozeanversauerung auf die Ökosysteme ergründen (Auswirkungen auf das Nahrungsnetz).

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Wir haben gesehen, wie CO<sub>2</sub> zur globalen Erwärmung beiträgt. Es gibt jedoch eine weitere weitreichende Konsequenz der erhöhten CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre: Der Ozean nimmt vermehrt CO<sub>2</sub> auf, was zur **Ozeanversauerung** führt.

#### SÄUREGEHALT UND PH-WERT

Eine **Säure** ist eine Substanz, die in Wasser gelöst die Menge an H<sup>+</sup>-Ionen erhöht.

**Der pH-Wert ist ein Maß für die Konzentration von H<sup>+</sup>-Ionen.** Die pH-Skala ist logarithmisch: Eine Lösung mit dem pH-Wert 6 ist 10-mal saurer als eine Lösung mit dem pH-Wert 7, die wiederum 10-mal saurer ist als eine Lösung mit dem pH-Wert 8 usw. Eine Lösung wird als Säure bezeichnet, wenn ihr pH-Wert niedriger als 7 ist, als neutral, wenn der pH-Wert 7 ist, und als basisch oder alkalisch, wenn der pH-Wert höher als 7 ist.

#### OZEANVERSAUERUNG

Wie auf Seite 17 des wissenschaftlichen Überblicks genauer erklärt, wird ca. ein Viertel der 40 Milliarden Tonnen CO<sub>2</sub>, die die Menschheit jährlich ausstößt, vom Ozean absorbiert. Ein Teil davon wird vom Phytoplankton aus dem Wasser gefiltert, ein Teil wird von Pflanzen und Sedimenten der Küstenökosysteme gebunden (siehe Unterrichtsstunde C2, Seite 79), und ein Teil löst sich im Wasser auf. Wenn CO<sub>2</sub> im Meerwasser gelöst ist, reagiert es mit Wassermolekülen (H<sub>2</sub>O) zu **Kohlensäure** (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>).

Diese Reaktion ist reversibel, aber wenn die CO<sub>2</sub>-Menge zu groß ist, bildet sich **Kohlensäure**. Die Kohlensäure dissoziiert in H<sup>+</sup>-Ionen und Hydrogencarbonat-Ionen (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Dies trägt zur Versauerung des Ozeans bei (wegen der steigenden H<sup>+</sup>-Ionen-Konzentration und dem daraus resultierenden Abfall des pH-Werts). [...]

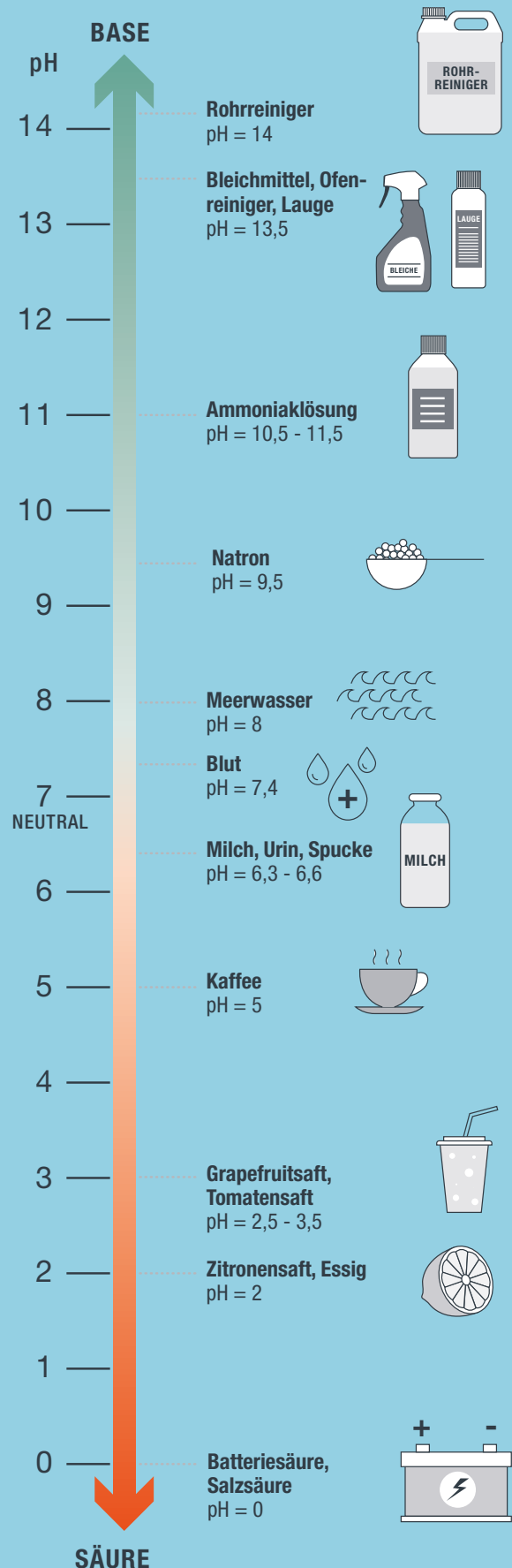
[...]

Meereslebewesen mit einem **Exoskelett** oder **Schalen**, produzieren ihr Exoskelett/ihre Schalen mit **Kalziumkarbonat** ( $\text{CaCO}_3$ , auch als Kalk bezeichnet), das bei der Reaktion von Kalzium und Hydrogenkarbonat-Ionen entsteht.

Wenn es einen Überschuss an  $\text{H}^+$ -Ionen gibt (wie in einem sauren Ozean), neigen die  $\text{CO}_3^{2-}$ -Ionen dazu, sich eher mit  $\text{H}^+$ -Ionen zu verbinden als mit  $\text{Ca}^{2+}$ -Ionen, wodurch die erste Reaktion nicht mehr stattfinden kann. Für einige Meeresbewohner (z. B. Schalentiere) wird es dann sehr schwierig, ihre Schalen oder Kalkskelette zu bilden. Wenn die  $\text{H}^+$ -Ionen-Konzentration so hoch ist, dass die  $\text{H}^+$ -Ionen keine freien Ionen mehr finden, mit denen sie sich verbinden können, kann das sogar dazu führen, dass sich  $\text{CaCO}_3$ -Moleküle, die schon in Schalen und Exoskeletten vorhanden sind, auflösen – was langfristig zum Abbau bzw. zur kompletten Auflösung der Schalen und Skelette führt. Die Absorption von  $\text{CO}_2$  im Ozean hat daher **eine zweifache Auswirkung auf Meereslebewesen: Sie erschwert die Bildung neuer Schalen und Exoskelette und kann die zerstören, die bereits vorhanden sind.**

Weltweit ist der mittlere pH-Wert der Ozeane seit der industriellen Revolution um ca. 0,1 Einheiten gesunken: Er lag 2013 bei ca. 8,05. Für das Leben im Meer reicht eine geringe Versauerung aus (selbst wenn der pH-Wert über 7 bleibt), um Schalentiere in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien zu beeinträchtigen. Das in dieser Unterrichtsstunde durchgeführte Experiment mit Muscheln in Essig zeigt zu Bildungszwecken eine überspitzte Auswirkung der Ozeanversauerung auf Schalentiere (der pH-Wert von Essig ist viel niedriger als der pH-Wert von Meerwasser).

Es wird erwartet, dass der pH-Wert von Meerwasser bis zum Jahr 2100 um weitere 0,3 bis 0,4 Einheiten sinkt, je nach den zukünftigen  $\text{CO}_2$ -Emissionen. Viele Arten (auch Korallen) sind bedroht, was sich direkt auf die marine Artenvielfalt auswirkt, und somit auch auf die Wirtschaft und die Lebensmittelversorgung der Menschen.



pH-Skala und Beispiele für unterschiedliche Lösungen

# UNTERRICHTSSTUNDE C5 MEERESSTRÖMUNGEN REGULIEREN DAS KLIMA (FÜR FORTGESCHRITTENE SCHÜLER)

## FACH

Naturwissenschaften

## DAUER

- ~ Vorbereitung: 15 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

## ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler führen zwei Experimente durch und finden heraus, dass Unterschiede in der Dichte des Meerwassers (aufgrund von Salinitäts- und Temperaturunterschieden) Meeresströmungen antreiben können. Mit einer Karte zur thermohalinen Zirkulation können sie verstehen, wie Meeresströmungen das Klima weltweit beeinflussen.

## KERNIDEEN

- ~ Die Dichte von Süßwasser ist geringer als die Dichte von Salzwasser. Die Dichte von warmem Wasser ist geringer als die Dichte von kaltem Wasser. Wasser mit geringerer Dichte steigt auf, Wasser mit höherer Dichte sinkt ab.
- ~ Zwischen Ozean, Land und Atmosphäre findet ein Wärme- und Feuchtigkeitsaustausch statt. Die Sonne ist der Hauptantrieb von Meeres- und Luftströmungen.
- ~ Dichteunterschiede treiben die thermohaline Zirkulation an, die wie ein globales Fließband funktioniert und Meerwasser innerhalb und zwischen allen Ozeanbecken transportiert.
- ~ Meeresströmungen spielen eine Schlüsselrolle bei der Regulierung von globalem und regionalem Klima.
- ~ Veränderungen der Meeresströmungen haben weitreichende Auswirkungen auf regionale Klimata und beeinträchtigen die Ökosysteme der Erde.

## SCHLÜSSELBEGRIFFE

Dichte, Salinität, thermohaline Zirkulation, Meeresströmung

## FORSCHUNGSMETHODE

Experiment und Dokumentenanalyse

## VORBEREITUNG 15 MIN

### MATERIAL

- ARBEITSBLATT C5.1
- Behälter mit Wasser auf Raumtemperatur und ein Schwamm (für jede Gruppe)
- 3 kleine Behälter (Flasche, Tasse, ...)



- 1 Wasserkocher
- kaltes Wasser
- Lebensmittelfarbe
- Salz

**Multimedia:** Videos (Meeresströmungen und El Niño).

## UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Drucken Sie das ARBEITSBLATT C5.1 aus (eins für jede Gruppe).
2. Stellen Sie am Vortag Wasser kalt.
3. Laden Sie die Videos von der OCE-Webseite herunter. Siehe [Seite 184](#).

## EINFÜHRUNG 20 MIN

Geben Sie jeder Gruppe eine Karte mit der thermohalinen Zirkulation (ARBEITSBLATT C5.1) und fragen Sie die Schüler, was die roten und blauen Linien (warmes bzw. kaltes Wasser) und die Richtung der Pfeile (absinkendes bzw. aufsteigendes Wasser) bedeuten. *Was ist auf der Karte abgebildet?* Die Karte zeigt die Bewegungen von Wasser in den Meeren: die Meeresströmungen. *Was passiert mit dem warmen Wasser, wenn es an den Polen ankommt?*

## DURCHFÜHRUNG 50 MIN

### TEIL 1 (30 MIN): WÄRMESTRÖMUNG (KONVEKTION)

1. Die Schüler sollen sich ein Experiment überlegen, mit dem sie herausfinden können, was passiert, wenn ein Bereich des Meeres kühler oder wärmer wird. Wenn sie sich auf ein Experiment geeinigt haben, sollen sie das Ergebnis voraussagen.

2. Die Schüler können in kleinen Gruppen zum Beispiel folgendes Experiment durchführen:

- Ein Gefäß wird mit Wasser auf Raumtemperatur gefüllt. Es stellt den Ozean dar.
- Ein kleiner Behälter wird mit warmem, rot gefärbtem Wasser gefüllt (rot wird gewöhnlich mit „warm“

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

**Meeresströmungen spielen eine zentrale Rolle bei der Regulierung des Klimas und beim Erhalt des Lebens im Meer, weil sie Wärme, Kohlenstoff, Sauerstoff und Nährstoffe durch den Ozean transportieren.** Es gibt im Wesentlichen zwei Arten von Meeresströmungen: 1) die schnellen, durch den Wind getriebenen oberen Meeresströmungen und 2) die langsamen tieferen Meeresströmungen. Beide zusammen sorgen für die „**meridionale Umwälzzirkulation**“ (englisch: meridional overturning circulation, MOC) – so nennt man die die Bewegung von Meerwasser durch die Ozeanbecken und in verschiedenen Tiefen.

Diese Unterrichtsstunde dreht sich ausschließlich um die langsamen, tiefen Meeresströmungen. Diese werden manchmal als „**thermohaline**“ Zirkulation bezeichnet, weil sie von Änderungen der Temperatur (vom griechischen „thermos“ = „warm“) und der Salinität (vom griechischen „halinos“ = „salzig“) abhängen. Die Temperatur und

die Dichte verändern beide die Dichte von Meerwasser. **Wenn ein Meerwasser-„Paket“ (Bereich) kühler oder salziger wird, erhöht sich seine Dichte, und es „sinkt“ in die Tiefe.** Dieser Prozess wird vertikale Durchmischung genannt. Das „Absinken“ geschieht in erster Linie in höheren Breitengraden, wo die Wärmeabgabe an die Atmosphäre und die Bildung von Meereis zu signifikanten Temperatur- und Salinitätsveränderungen führen. Die Auswirkungen von Oberflächen-Meeresströmungen auf die Temperaturen an den Küsten und auf die dortigen Lebensbedingungen sind beachtlich. Das kann man am Beispiel des Golfstroms sehen, der zusammen mit den Westwinden das milde europäische Klima bestimmt.

Die Rolle von Meeresströmungen im Klimasystem und die Auswirkungen des Klimawandels auf die Umwälzzirkulation werden im wissenschaftlichen Überblick Seiten 11 und 19 eingehender beleuchtet.

assoziiert). Das Wasser kann im Wasserkocher erwärmt werden, es muss aber nicht kochen.

- Es ist hilfreich, das heiße Wasser über einen an der Oberfläche schwimmenden Schwamm in den Behälter zu gießen. Das heiße Wasser fließt in den Schwamm, bevor es herausströmt. Es bleibt an der Oberfläche.
- Ein anderes kleines Gefäß wird mit kaltem, blau gefärbtem Wasser gefüllt (blau wird gewöhnlich mit „kalt“ assoziiert).
- Das kalte Wasser wird über den Schwamm in den Behälter gegossen. Es sinkt auf den Boden des Behälters.



Das kalte Wasser sinkt auf den Boden des Behälters.

3. Fragen Sie: *Verhält sich warmes und kaltes Wasser im Ozean gleich?*

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Kaltes Wasser hat eine höhere Dichte als warmes Wasser, man kann es sich daher als „schwerer“ vorstellen. Der Begriff der „Dichte“ wird am Ende der Stunde eingeführt.

### TEIL 2 (20 MIN): DURCH UNTERSCHIEDLICHE SALINITÄT VERURSACHTE STRÖMUNG

4. Die Schüler können ein ähnliches Experiment durchführen, bei dem sie lediglich statt heißem bzw. kaltem Wasser Salzwasser verwenden. Die Schüler füllen ein kleines Gefäß mit Wasser, in das möglichst viel Salz aufgelöst wurde (z. B. 5 Teelöffel Salz auf 250 ml Wasser).

5. Die Schüler gießen das (gefärbte) Salzwasser über den Schwamm und beobachten, was passiert. Salzwasser hat eine höhere Dichte als Süßwasser und sinkt daher auf den Boden.

Die Experimente mögen sehr einfach erscheinen, sorgen aber gewöhnlich für Staunen: Die Schüler sehen, wie Wasser „aufsteigt“ oder „absinkt“. Das kommt daher, dass kaltes Wasser eine höhere Dichte hat als warmes Wasser, und Salzwasser eine höhere

Dichte als Süßwasser. Wenn die Schüler das Archimedische Prinzip kennen, können sie ihr Vorwissen bei diesen Experimenten einbringen.

#### → TIPP FÜR LEHRENDE

Bei gleicher Masse hat dichteres Wasser ein geringeres Volumen. Deshalb sinkt es. Dichte ist definiert als:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$$

Dies kann mit einer präzisen Waage experimentell überprüft werden: Wenn man das gleiche Volumen heißes und kaltes Wasser abwägt, kommt heraus, dass das heiße Wasser eine geringere Masse hat, weil seine Dichte geringer ist.

### NACHBEARBEITUNG 20 MIN

Schaut euch die Karte mit der thermohalinen Zirkulation noch einmal an. In kälteren Regionen, wie an den Polen, tauchen die Strömungen in die Tiefe. Fragen Sie die Schüler: *Warum sinken die Strömungen an den Polen in die Tiefe?*

#### → TIPP FÜR LEHRENDE

Eigentlich ist die Antwort auf diese Frage sehr kompliziert – siehe die Hintergrundinformationen für Lehrende. In dieser Unterrichtsstunde haben wir nur zwei der wichtigsten Antriebskräfte von Meeresströmungen erkundet.

Die Schüler antworten wahrscheinlich, dass der Grund das kältere Wasser ist. Das ist teilweise richtig.

Fragen Sie: *Es gibt neben der Kälte einen anderen Grund, weshalb das Wasser sinkt. Was könnte das sein?* Nachdem sie gesehen haben, dass Salzwasser in Süßwasser sinkt, kommen sie vielleicht darauf, dass das Wasser auch salziger ist – obwohl das kontraintuitiv ist.

Die nächste Frage lautet: *Warum sollte das Wasser an den Polen salziger sein? Sollte man nicht meinen, dass es mit dem ganzen Süßwasser aus dem schmelzenden Meereis weniger salzig ist?* Jetzt sind die Schüler höchstwahrscheinlich verwirrt, weil sie nicht verstehen, woher das Salz kommt.

Fragen Sie: *Wie entsteht Meereis?* Sie werden antworten: Aus gefrierendem Meerwasser. Hier muss der Lehrer oder die Lehrerin ihnen offenbaren, dass Meereis nicht salzig ist – bis auf einige Salzwassereinschlüsse im Eis (sogenannte Soletaschen).

Fragen Sie: *Meerwasser ist salzig, Meereis dagegen nicht. Wo geht das Salz also hin, wenn Meereis entsteht?* Es geht ins Meerwasser. *Und was passiert, wenn Wasser salziger wird?* Die Dichte wird größer, und das Wasser sinkt. Es gibt also zwei Gründe, weshalb das Wasser an den Polen sinkt: Es sinkt, weil es kälter ist und es sinkt, weil es salziger ist.

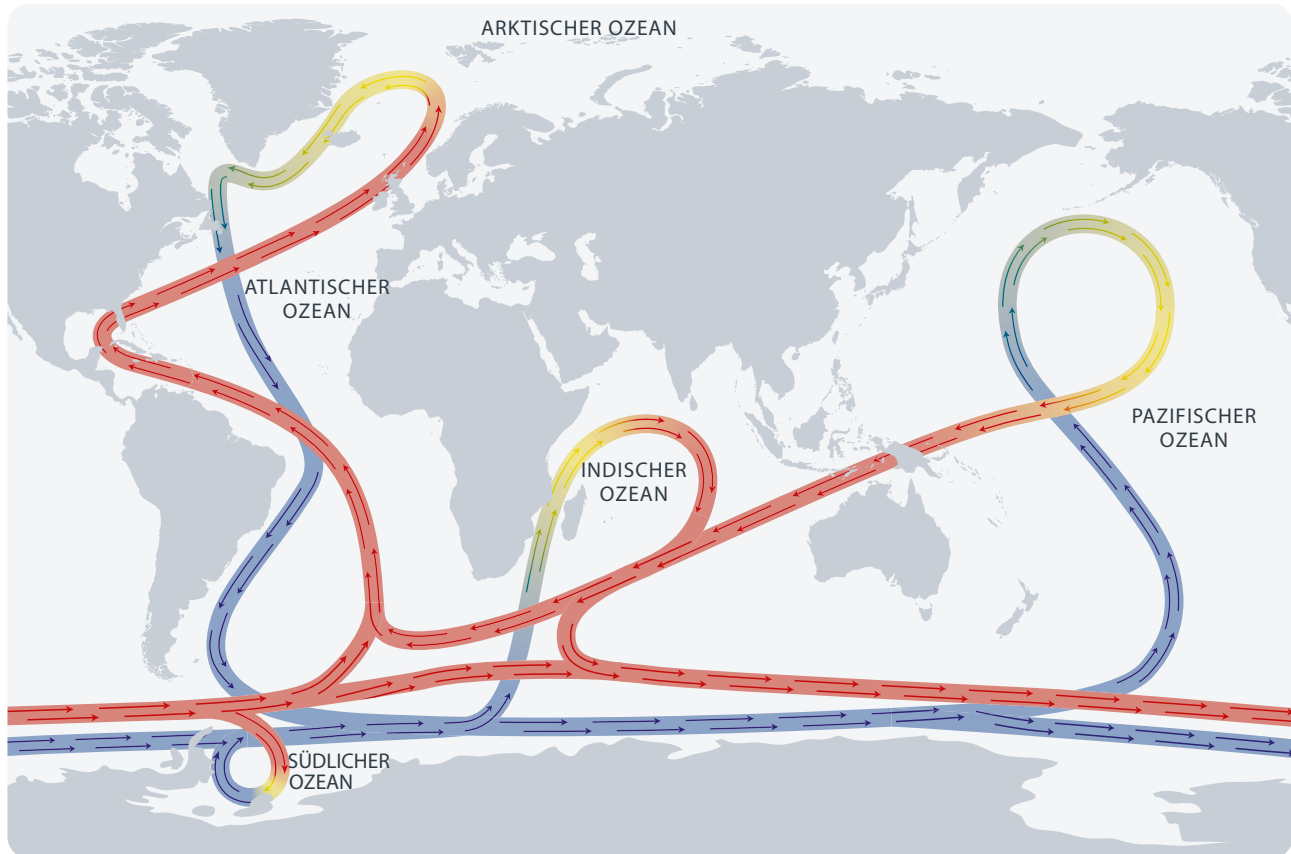
Zeigen Sie den Schülern, welche Schlüsselrolle Meeresströmungen für das globale Klima spielen: Sie transportieren u. a. Wärme vom Äquator zu den Polen. Diskutieren sie über die Auswirkungen des Klimawandels auf Meeresströmungen und über die sich daraus ergebenden Folgen für das Klima in verschiedenen Regionen. Der Klimawandel beeinflusst die Meeresströmungen, weil er die Temperatur und die Salinität des Meerwassers beeinflusst (zum Beispiel weil das Meereis schmilzt). Wie die Meere zur Klimaregulierung beitragen, wird in der Unterrichtsstunde C6 wieder aufgegriffen (Seite 96).

#### OPTIONALE ERWEITERUNG

Schüler der Sekundarstufe I könnten das El-Niño-Phänomen erkunden – als Beispiel dafür, wie sich Meeresströmungen auf das globale Klima auswirken. Ein Video zu El Niño ist auf der OCE-Webseite verfügbar. Siehe Seite 184.



Die Karte zeigt die thermohaline Zirkulation. In blau: tiefe Strömungen, kalt und mit höherem Salzgehalt; in rot: warme Oberflächenströmungen; in gelb: Regionen, in denen die Strömungen an die Oberfläche kommen oder absinken.



- Tiefe, kalte Strömung
- Warme Oberflächenströmung
- Regionen, in denen die Strömungen aufsteigen oder absinken

Das globale Förderband des Ozeans, auch thermohaline Zirkulation genannt, ist ein Meeresströmungssystem. Es ist immer in Bewegung und wird durch Dichteunterschiede des Meerwassers angetrieben.

Der Golfstrom und seine Fortsetzung, der Nordatlantikstrom, ist eine warme Meeresströmung an der Meeresoberfläche. Diese Strömung fließt von Florida nach Nordosten, zuerst an der Ostküste Nordamerikas entlang, dann über den Atlantik richtung Europa. Auf seinem Weg nach Norden wärmt der Strom die Luft über dem Ozean, und das Wasser kühlt ab. Weil ein Teil des Wassers von diesem Oberflächenstrom verdunstet, steigt der Salzgehalt – die Salinität – des Wassers.

An zwei Orten – einer nordöstlich von Island, der andere südwestlich von Grönland – sinkt ein Teil des Wassers vom Nordatlantikstrom in die Tiefen des Ozeans. Der Temperaturunterschied ist nur ein Grund für das Absinken des Nordatlantikwassers. Der andere ist die Salinität dieses Stroms, die an beiden Orten höher ist als die Salinität des ihn umgebenden Wassers.



# UNTERRICHTSSTUNDE C6

## DIE THERMISCHE TRÄGHEIT DES OZEANS (FÜR FORTGESCHRITTENE SCHÜLER)

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 15 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde

### ZUSAMMENFASSUNG

Anhand einer Dokumentenanalyse und eines Experiments erfahren die Schüler, welche Rolle die thermische Trägheit des Ozeans bei der Klimaregulierung spielt.

### KERNIDEEN

- ~ Die Ozeane absorbieren den größten Teil der auf der Erde ankommenden Sonnenstrahlung (fast 70% der Erde sind von Ozeanen bedeckt).
- ~ Die Ozeane sind eine wichtige Wärmesenke, sie haben bereits 90% der durch die Erderwärmung erzeugten Wärme absorbiert.
- ~ Die Fähigkeit des Ozeans, Wärme zu absorbieren, sowie seine große thermische Trägheit helfen, das globale und regionale Klima zu regulieren.
- ~ Die große thermische Trägheit des Ozeans hat zur Folge, dass er nur langsam abkühlt bzw. sich nur langsam erwärmt.
- ~ Die Ozeane tragen zu einem milden Klima entlang der Küsten bei: Die Winter sind wärmer und die Sommer kühler.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Thermische Trägheit, Wärmesenke, Klimaregulierung

### FORSCHUNGSMETHODE

Experiment und Dokumentenanalyse



### EINFÜHRUNG 10 MIN

Stellen Sie zu Beginn folgende Frage: *Wie kann der Ozean das Klima beeinflussen? Manchmal hören wir den Ausdruck „ozeanisches Klima“. Was bedeutet das? Wie kann der Ozean Einfluss auf das Klima einer Region haben? Ist das Klima in einer Region im Landesinneren anders als das Klima in einer Küstenregion?* Die Schüler beantworten diese Fragen mithilfe einer Dokumentenanalyse.

### DURCHFÜHRUNG 40 MIN

#### TEIL 1 (10 MIN): DER EINFLUSS DES OZEANS AUF DAS REGIONALE KLIMA

1. Teilen Sie die Schüler in Gruppen ein und geben Sie jeder Gruppe das **ARBEITSBLATT C6.1**. Jede Gruppe sollte nur ein Diagramm untersuchen.
2. Fragen Sie: *Was sind die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den Temperaturkurven der beiden Städte?* Die Schüler werden vermutlich auf den ersten Blick sehen, dass die Temperatur für beide Kurven im Sommer höher und im Winter niedriger ist.

3. Helfen Sie ihnen festzustellen, dass die Temperaturspanne zwischen höchster (durchgehende Linie) und niedrigster (gestrichelte Linie) Temperatur bei den blauen Kurven kleiner ist als bei den roten Kurven. Das Gleiche gilt für die Temperaturspanne zwischen Sommer und Winter. Wenn Sie eine Weltkarte zur Hand haben, können die Schüler die Städte suchen. *Was haben die Städte mit den roten Kurven gemeinsam? Und die mit den blauen Kurven?* „Blaue“ Städte liegen in Küstennähe, „rote“ Städte im Landesinneren. Mit anderen Worten: Das „ozeanische“ Klima hat im Vergleich zum „kontinentalen“ Klima mildere Winter und kühlere Sommer. Das kontinentale Klima ist außerdem trockener (nicht gezeigt).

#### TEIL 2 (30 MIN): DIE THERMISCHE TRÄGHEIT VON WASSER

4. Fragen Sie die Schüler nun: *Was glaubt ihr wird zuerst warm, wenn die Luft richtig heiß ist: der Ozean*

### VORBEREITUNG 15 MIN

#### MATERIAL

Für jede Gruppe:

- **ARBEITSBLATT C6.1**
- 1 kg Wasser
- 1 kg Sand, Erde und/oder Grieß
- 2 Behälter

#### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

Drucken Sie das **ARBEITSBLATT C6.1** aus (ein Exemplar pro Gruppe).

oder das Land? Sie sollen sich ein Experiment ausdenken, mit dem sie ihre Hypothese überprüfen können.

5. Die Gruppen können zum Beispiel das folgende Experiment durchführen:

- Füllt die gleiche Masse an Wasser und Sand (oder Erde oder Grieß) in zwei identische Behälter.
- Stellt die Behälter auf einen Heizkörper.
- Misst und notiert eine halbe Stunde lang alle 5 Minuten die Temperatur beider Behälter.

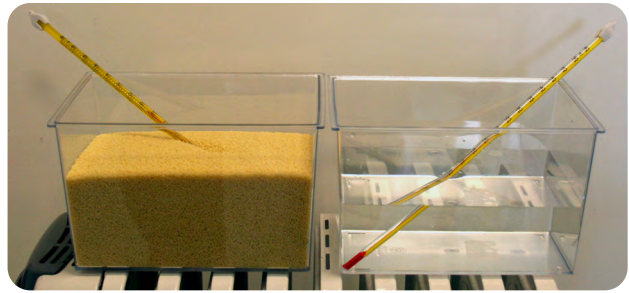
### → TIPP FÜR LEHRENDE

Ein Messbeispiel: Die Temperatur von 1 kg Grieß ist innerhalb einer halben Stunde um 17°C angestiegen. In der gleichen Zeit ist die Temperatur von 1 kg Wasser nur um 6°C angestiegen. Statt auf einen Heizkörper kann man die Behälter auch in den Kühlschrank stellen – vorzugsweise auf gleicher Höhe, so dass die Temperatur mit Sicherheit gleich ist. Es wird dann die Abkühlzeit des Wassers und des anderen Materials gemessen: Das Wasser kühlt langsamer ab.

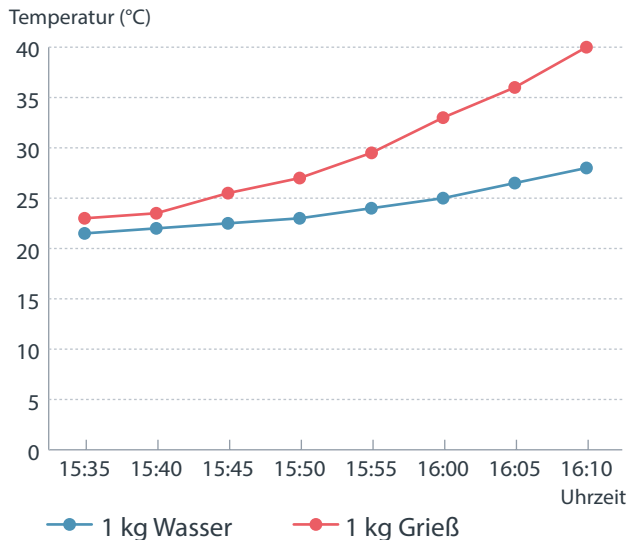
## NACHBEARBEITUNG 10 MIN

Diskutieren Sie die unterschiedlichen Aufwärm- und Abkühlzeiten, die bei den beiden Materialien zu beobachten waren. Dauert es bei einem Körper/einem Material lange, bis er seine Temperatur an die Umgebungstemperatur angepasst hat, sagt man, dass er/es eine große **thermische Trägheit** hat. *Wie lässt sich das nun auf Städte an der Küste übertragen – die sich weniger aufheizen oder abkühlen als Städte im Landesinneren?* Die Temperatur des Ozeans ändert sich nicht so stark wie die Temperatur des Landes – das Wasser heizt sich nicht so sehr auf und kühlt auch nicht so sehr ab. Dies beeinflusst das Klima an den Küsten, es herrscht dort ein „gemäßigtes“ Klima. Die Schüler können nun folgern: „Ozeane reagieren weniger auf Temperaturveränderungen als Land – sie haben eine größere thermische Trägheit als Land. Folglich herrscht in Küstenregionen ein milderes Klima als in kontinentalen Regionen.“

Wenn Sie das Thema weiter vertiefen wollen, können Sie fragen: *Was denkt ihr, wer von beiden kann mehr Wärmeenergie aufnehmen, bevor beide die gleiche Temperatur erreichen: der Ozean oder das Land?* Die Antwort lautet: der Ozean. Kommen Sie auf die erste Unterrichtsstunde zum Klimawandel zurück und fragen Sie: *Wie werden wohl der Ozean und das Land auf einen globalen Temperaturanstieg reagieren?* Die Temperatur der Atmosphäre ist seit der industriellen Revolution um 1°C gestiegen, während die Temperatur des Ozeans nahe der Oberfläche nur um 0.6°C gestiegen ist. Wir wissen jedoch, dass 90% der durch den Klimawandel verursachten Wärme im Ozean gespeichert wurde, während die Atmosphäre lediglich 1% aufgenommen hat.



Die zwei Behälter werden erwärmt: Der linke ist mit Grieß gefüllt (rote Kurve im Diagramm), der rechte mit Wasser (blaue Kurve im Diagramm).



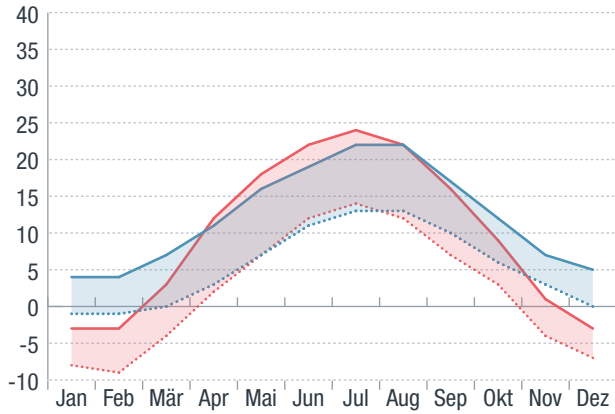
## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Trägheit ist die Eigenschaft aller physikalischen Körper, in einem Zustand zu verharren. Flüssiges Wasser hat eine hohe Trägheit in Bezug auf Temperaturveränderungen: Wir sprechen von einer großen **thermischen Trägheit**. Dies bedeutet, dass Meerwasser eine beachtliche Menge an Energie aufnehmen kann, bevor es wärmer wird, und umgekehrt kann es viel Energie abgeben, bevor es abkühlt. Mit dieser Eigenschaft dämpft der Ozean lokale Klimaschwankungen, die von der Atmosphäre und der Erdoberfläche verursacht werden, und es erklärt den großen Unterschied zwischen **ozeanischem** (wärmere Winter und kühlere Sommer) und **kontinentalem Klima** (größere saisonale und Tag-Nacht-Temperaturunterschiede). Die hohe thermische Trägheit des Ozeans und sein großes Volumen bedeuten jedoch auch: Selbst wenn die Menschheit keine Treibhausgase mehr ausstößt und die Wärmeaufnahme des Ozeans dadurch reduziert wird, wird es noch sehr lange dauern (möglicherweise Jahrtausende), bis die Temperatur des Ozeans wieder die vorindustrielle Temperatur erreicht hat.

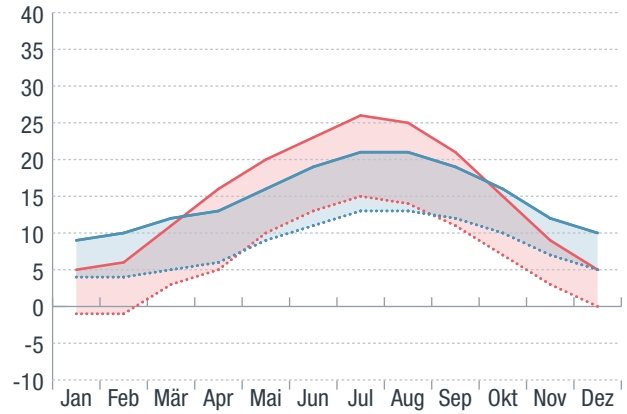
# ARBEITSBLATT C6.1



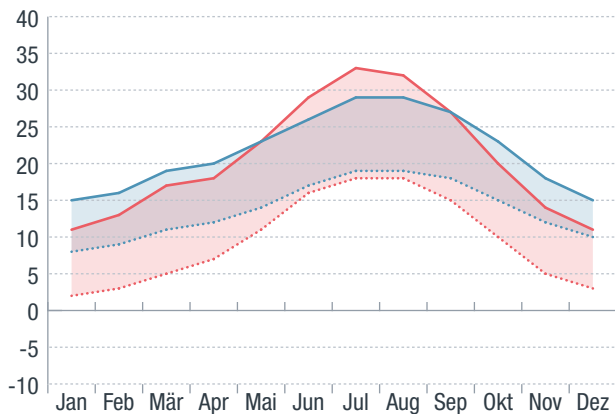
- Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede haben die Temperaturkurven der beiden Städte in den Diagrammen?
- Was könnte das für Gründe haben?



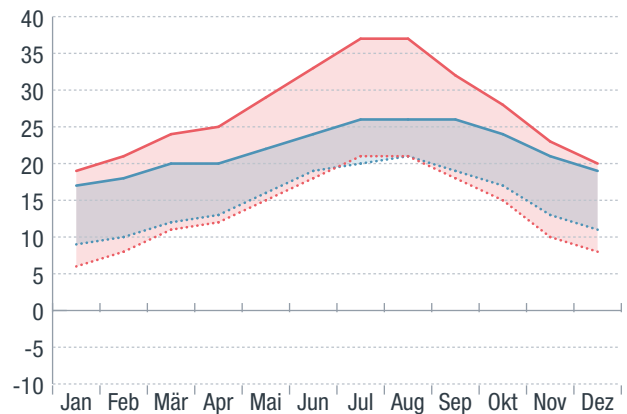
**KOPENHAGEN** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)  
**MOSKAU** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)



**BREST** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)  
**STRASSBURG** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)



**LISSABON** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)  
**MADRID** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)



**CASABLANCA** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)  
**MARRAKESCH** — max. Temp. (°C) — min. Temp. (°C)

Quelle: Daten von MétéoFrance

Sucht die verschiedenen Städte auf der Karte. Beachtet dabei, dass jedes Städtepaar eines Diagramms ungefähr auf dem gleichen Breitengrad liegt.

- Wie weit sind sie vom Meer entfernt?



## ABSCHNITT D

# WARUM SIND DER OZEAN UND DIE KRYOSPHÄRE WICHTIG FÜR UNS?

Häufig verstehen die Menschen erst dann, dass sie auf etwas aufpassen sollten, wenn sie verstehen, warum dieses etwas wichtig für sie ist. Daher soll in diesem Abschnitt gezeigt werden, wie wichtig es für menschliche Gemeinschaften ist, dass sowohl der Ozean als auch die Kryosphäre im Gleichgewicht sind.

In der ersten Unterrichtsstunde wird wiederholt, welches die Folgen des Klimawandels für die Ökosysteme des Ozeans und der Kryosphäre sind, unter besonde-

rer Berücksichtigung der Ökosystemdienstleistungen. In der zweiten Unterrichtsstunde liegt der Schwerpunkt auf den Nahrungsnetzen verschiedener polarer und mariner Ökosysteme. Die dritte Unterrichtsstunde – wir empfehlen Ihnen dringend, sie an Ihren lokalen Kontext anzupassen – soll den Schülern helfen zu erkennen, dass es bei manchen Ökosystemdienstleistungen um mehr als die Sicherung der Existenzgrundlage geht – sie betreffen auch kulturelle, historische und spirituelle Belange.

### LISTE DER UNTERRICHTSSTUNDEN

Kernunterrichtsstunden

Optionale Unterrichtsstunden

<input checked="" type="radio"/>	<b>D1</b>	<b>Auswirkungen des Klimawandels auf Ökosystemdienstleistungen</b> <b>Naturwissenschaften</b> Die Schüler erstellen ein Rahmenkonzept, das die Ökosystemleistungen des Ozeans und der Kryosphäre aufzeigt. Sie erkunden, wie der Klimawandel diese Ökosystemdienstleistungen beeinflusst.	Seite 100
<input checked="" type="radio"/>	<b>D2</b>	<b>Nahrungsnetze und Ökosysteme</b> <b>Naturwissenschaften</b> In einem Rollenspiel erforschen die Schüler polare und marine Nahrungsnetze. Sie lernen, dass für das Überleben in einem Ökosystem alle Lebewesen miteinander interagieren und voneinander abhängen.	Seite 106
<input type="radio"/>	<b>D3</b>	<b>Der Mensch, der Ozean und die Kryosphäre</b> <b>Sozialwissenschaften / Bildende oder darstellende Kunst</b> Diese Unterrichtsstunde sollte an den lokalen Kontext der Schule angepasst werden. Über eine Literaturrecherche und/oder ein Kunstwerk, ein Theaterstück oder Ähnliches erfahren die Schüler, welche kulturelle Bedeutung der Ozean und die Kryosphäre für die Menschen hatten bzw. haben.	Seite 127

# UNTERRICHTSSTUNDE D1

## AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AUF ÖKOSYSTEMDIENSTLEISTUNGEN

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 25 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler erstellen ein Rahmenkonzept, das die Ökosystemleistungen des Ozeans und der Kryosphäre aufzeigt. Sie erkunden, wie der Klimawandel diese Ökosystemdienstleistungen beeinflusst.

### KERNIDEEN

- ~ Der Ozean und die Kryosphäre stellen den Menschen zahlreiche Ökosystemleistungen zur Verfügung: Sauerstoff, Nahrung, Süßwasser, Klimaregulierung, Küstenschutz, kulturelle Dienstleistungen.
- ~ Die Erde ist ein komplexes System, in dem alles miteinander zusammenhängt.
- ~ Der durch den Menschen verursachte Klimawandel hat Auswirkungen auf den Ozean und die Kryosphäre, was auch Folgen für die Existenzgrundlagen der Menschen hat.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Ökosystemdienstleistungen, komplexes System, menschliche Aktivität, menschliche Existenzgrundlage

### FORSCHUNGSMETHODE

Dokumentenanalyse



### → TIPP FÜR LEHRENDE

Diese Unterrichtsstunde hat zwei Hauptziele: 1) den Zusammenhang zwischen dem Klimawandel und den Ökosystemen im Ozean und in der Kryosphäre zu wiederholen und 2) zu verstehen, welche Konsequenzen diese Zusammenhänge für die Ökosystemdienstleistungen und für das Überleben der Menschen haben.

## EINFÜHRUNG 20 MIN

Die Schüler haben in den vergangenen Unterrichtsstunden einige Auswirkungen des Klimawandels auf den Ozean und die Kryosphäre kennengelernt. Bitten Sie sie, die verschiedenen Auswirkungen aufzuzählen und schreiben Sie die Schüleraussagen an die Tafel. Einige der Aussagen sollten zu den Kärtchen von ARBEITSBLATT D1.1 passen.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Eine „Aussage“ ist ein einfacher Satz, den die Schüler behalten sollen (eine von Wissenschaftlern betätigte Aussage). **Eine Aussage = ein Satz.** Es sollte nicht nur ein Schlüsselbegriff genannt werden, auch keine Frage oder ein Begriff (die gern intuitives Wissen beinhaltet). Beispiel für eine Aussage: „Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre steigt.“

Fragen Sie nun die Schüler: *Warum sind uns diese Veränderungen im Ozean und in der Kryosphäre nicht egal? Wozu brauchen wir in unserem Leben den Ozean und die Kryosphäre?* Notieren Sie die Antworten der Schüler an der Tafel, wieder in Form von Aussagen. Einige der von den Schülern vorgeschlagenen Aussagen werden mit Sicherheit zu den Kärtchen von ARBEITSBLATT D1.2 passen.

## DURCHFÜHRUNG 40 MIN

1. Teilen Sie die Klasse in Gruppen ein und geben Sie jeder Gruppe die Liste mit den Aussagen aus ARBEITSBLATT D1.1 (die „Mechanismen“-Kärtchen). Diese werden für die Erstellung des ersten Teils des Rahmenkonzepts gebraucht. Wenn Schüler gute Aussagen vorschlagen, die nicht in der Liste aufgeführt sind, können natürlich weitere Kärtchen hinzugefügt

## VORBEREITUNG 25 MIN

### MATERIAL

- ARBEITSBLÄTTER D1.1, D1.2, D1.3
- ein großes Blatt Papier, auf das die Schüler alle Kärtchen kleben können
- Kleber

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

Drucken Sie die ARBEITSBLÄTTER D1.1 und D1.2, aus (ein Exemplar für jede Gruppe à 3 bis 4 Schüler). Drucken Sie die zusätzlichen Kärtchen von ARBEITSBLATT D1.3 aus (einmal reicht, jede Gruppe erhält ein anderes Kärtchen).

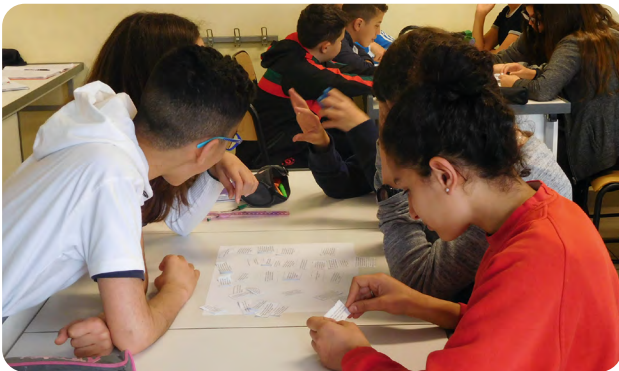
werden. Wenn Sie weniger Zeit zur Verfügung haben (oder die Aktivität Ihren eigenen Vorstellungen anpassen wollen), können Sie die Kärtchen im Vorfeld ausschneiden/anpassen.

2. Bitten Sie die Schüler, die Kärtchen in eine logische Reihenfolge zu bringen und die Aussagen mit Pfeilen zu verbinden. Ein Pfeil steht dann für „verursacht“ oder „ist die Ursache für“.

3. Wenn die Schüler alle „Mechanismen“-Kärtchen in eine logische Reihenfolge gebracht haben, teilen Sie die „Dienstleistungen“-Kärtchen von ARBEITSBLATT D1.2 aus.

**→ TIPP FÜR LEHRENDE**

Je nach Niveau Ihrer Schüler können Sie ihnen zuerst die „Mechanismen“-Kärtchen und anschließend die „Dienstleistungen“-Kärtchen, oder alle gleichzeitig geben.



Die verschiedenen Kärtchen anordnen



Präsentation vor der Klasse

4. Wenn die Schüler ihr Rahmenkonzept fertiggestellt haben, stellt jede Gruppe die Bevölkerung einer Region der Erde dar. Geben Sie jeder Gruppe ein „Lokale Gemeinschaft“-Kärtchen von ARBEITSBLATT D1.3. Jede Gruppe muss das zusätzliche Kärtchen in einer logischen Weise in ihr Rahmenkonzept integrieren. Damit sie das richtig machen, müssen sie darüber nachdenken, was für Auswirkungen der Klimawandel auf ihre Gemeinschaft haben wird und welche Ökosystemdienstleistungen ihnen nicht mehr zur Verfügung

stehen werden. Bitten Sie die Schüler, sich mögliche Lösungen für ihre Gemeinschaft auszudenken.

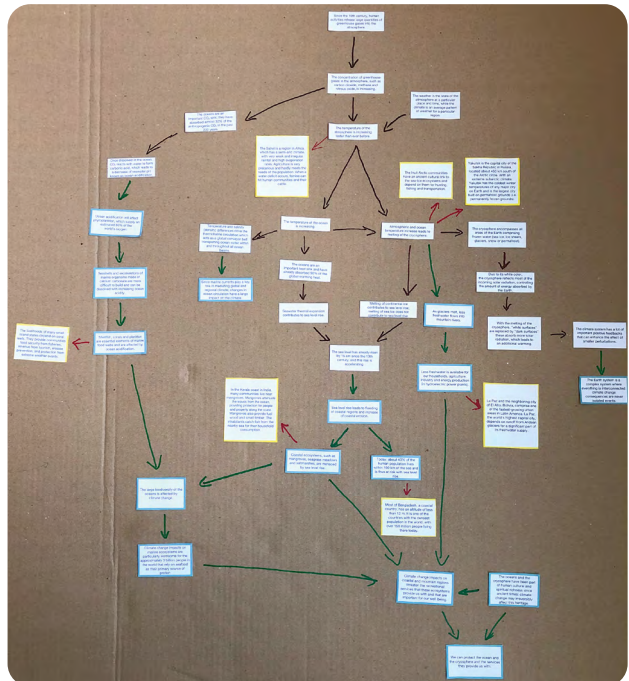
5. Ein Vertreter aus jeder Gruppe stellt das Rahmenkonzept sowie die Lösungen für seine/ihre Gemeinschaft vor.

**NACHBEARBEITUNG 30 MIN**

Die verschiedenen Lösungen werden in der Klasse verglichen und diskutiert. Die Schüler diskutieren darüber, wie viele der Ökosystemleistungen des Ozeans und der Kryosphäre durch den Klimawandel beeinträchtigt sein werden. Die Diskussion kann auch dazu genutzt werden, mehr auf die sozialen Folgen des Klimawandels einzugehen. *(Manche Gemeinschaften können sich anpassen, andere nicht, wovon hängt die Anpassungsfähigkeit ab? Ressourcen? Bildung? Weitere Faktoren? Manche müssen auswandern: Sie sind Klimaflüchtlinge.)*

**→ TIPP FÜR LEHRENDE**

Mit dieser Unterrichtsstunde können Sie auch bewerten, was die Schüler im Laufe des Projektes gelernt haben. Bei dieser Aktivität gibt es nicht nur eine richtige Antwort, und die von den Schülern erarbeiteten Rahmenkonzepte können alle unterschiedlich aussehen. Wichtig ist, wie sie argumentieren und wie sie die Verknüpfungen zwischen den Aussagen erklären.



Ein Beispiel für ein Konzeptrahmen

**OPTIONALE VERLÄNGERUNG**

Arbeiten Sie mit dem Kunstlehrer oder der Kunstlehrerin zusammen und gestalten Sie ein Wandbild, das die Ökosystemdienstleistungen des Ozeans und der Kryosphäre darstellt, und wie diese durch den Klimawandel bedroht sind.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

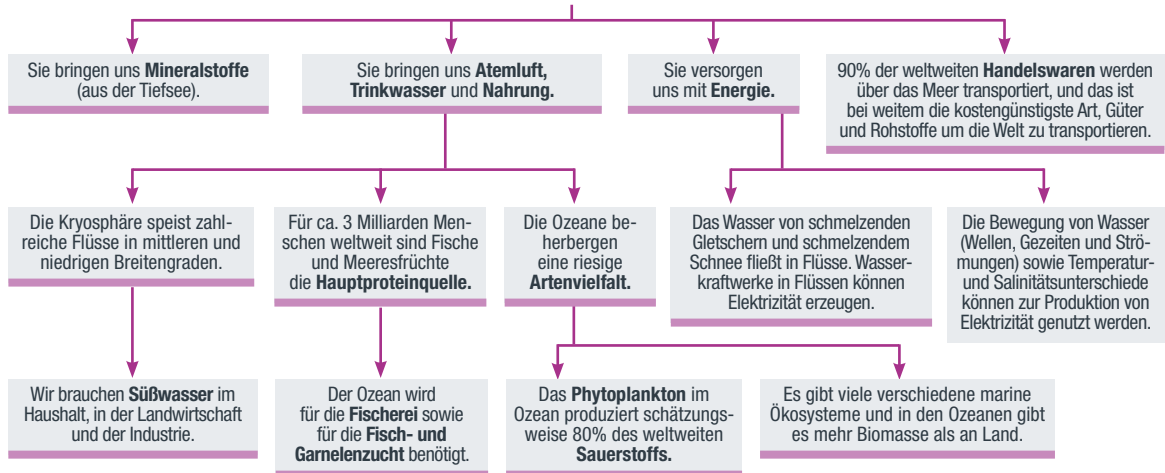
Der Begriff **Ökosystemdienstleistungen** kam in den 1970er-Jahren auf und sollte auf die Wichtigkeit der Erhaltung der Artenvielfalt aufmerksam machen. Es handelt sich um einen Begriff, der die Leistungen von Ökosystemen als Güter und Dienstleistungen für die Menschen betrachtet. Die Biodiversitätskonvention (1992) definiert Ökosysteme als „ein dynamisches komplexes System aus Gemeinschaften von Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen sowie der unbelebten Umwelt, die als funktionelle Einheit miteinander wechselwirken“. Für menschliche Gesellschaften bringen die Wechselwirkungen innerhalb eines Ökosystems vielerlei wichtige Dienstleistungen hervor.

Die Betrachtung von Ökosystemdienstleistungen soll helfen, den menschengemachten Druck zu ermitteln, indem ökologische und ökonomische Gesichtspunkte einbezogen werden. Ökologische Funktionen werden in wirtschaftliche Einheiten umgerechnet. Ökosysteme und ihre natürlichen Ressourcen bringen Güter und Dienstleistungen hervor,

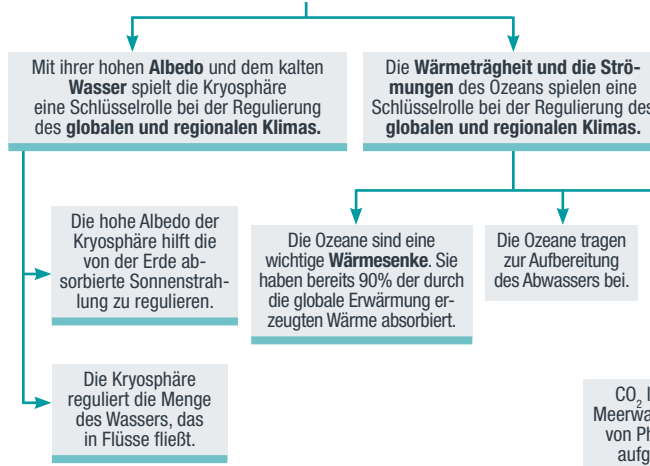
die zu unserem Wohlbefinden beitragen. Die Ökosystemdienstleistungen zeigen auf, wie Menschen von Ökosystemen abhängen, welchen funktionalen Nutzen Ökosysteme haben und wie man zum Wohl der Natur und der Menschen besser mit Ökosystemen umgehen und sie schützen sollte.

Es gab mehrere Versuche, die verschiedenen Arten von Dienstleistungen zu klassifizieren, die Ökosysteme hervorbringen. Eine gängige Typologie ist das Millennium Ecosystem Assessment, das Ökosystemdienstleistungen in vier Gruppen einteilt: bereitstellende Dienstleistungen, unterstützende Dienstleistungen, regulierende Dienstleistungen und kulturelle Dienstleistungen (für weitere Informationen siehe die Seiten 12-13 des wissenschaftlichen Überblicks. Im Folgenden finden Sie eine unvollständige Beschreibung der unterschiedlichen bereitstellenden, unterstützenden, regulierenden und kulturellen Dienstleistungen, die der Ozean und die Kryosphäre uns bieten.

### BEREITSTELLEND UND UNTERSTÜTZENDE DIENSTLEISTUNGEN



### REGULIERENDE DIENSTLEISTUNGEN



### KULTURELLE DIENSTLEISTUNGEN



Die fett markierten Dienstleistungen sind bereits bzw. werden voraussichtlich durch den Klimawandel beeinträchtigt.



## MECHANISMEN

Die Temperatur der Atmosphäre steigt schneller als je zuvor.

Der globale mittlere Meeresspiegel ist seit 1900 um 15 cm gestiegen, und dieser Anstieg beschleunigt sich.

Der Temperaturanstieg in der Atmosphäre und im Ozean führt dazu, dass die Kryosphäre schmilzt.

Wenn Inlandeis schmilzt, dann steigt der Meeresspiegel. Schmelzendes Meereis trägt dagegen nicht zum Meeresspiegelanstieg bei.

Die Kryosphäre umfasst alle Gebiete der Erde mit gefrorenem Wasser: Meereis, Eisschilde, Gletscher, Schnee und Permafrost.

Die Wärmeausdehnung von Meerwasser trägt zum Anstieg des Meeresspiegels bei.

Die Ozeane sind ein wichtiger CO<sub>2</sub>-Speicher: Sie haben in den letzten 200 Jahren fast 30% des von Menschen verursachten CO<sub>2</sub> absorbiert.

Im Klimasystem gibt es viele positive Rückkopplungen, die die Auswirkung kleinerer Störungen verstärken können.

Wegen ihrer weißen Farbe reflektiert die Kryosphäre den größten Teil der einfallenden Sonnenstrahlung und reguliert so die Energiemenge, die von der Erde absorbiert wird.

Wenn sich CO<sub>2</sub> im Ozean löst, reagiert es mit dem Wasser zu Kohlensäure, was den pH-Wert des Wassers senkt. Das nennt man Ozeanversauerung.

Das Wetter ist der Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit. Das Klima ist das durchschnittliche Wettermuster für eine bestimmte Region.

Die Ozeane sind ein wichtiger Wärmespeicher. Sie haben schon 90% der durch die globale Erwärmung entstandenen Wärme absorbiert.

Seit dem 19. Jahrhundert verursachen menschliche Aktivitäten den Ausstoß großer Mengen an Treibhausgasen in die Atmosphäre.

Die Konzentration von Treibhausgasen (wie Kohlenstoffdioxid, Methan und Lachgas) in der Atmosphäre steigt.

Die Temperatur des Ozeans steigt.

Mit dem Schmelzen der Kryosphäre werden aus weißen Oberflächen dunkle Oberflächen. Diese absorbieren mehr Sonnenstrahlung, was zu weiterer Erwärmung führt.

Temperatur- und Salinitätsunterschiede (und damit Dichteunterschiede) treiben die thermohaline Zirkulation an. Sie wirkt als globales Förderband und transportiert Ozeanwasser innerhalb und zwischen den Ozeanbecken sowie in die Tiefe.





## Dienstleistungen

Die Ozeane und die Kryosphäre sind seit jeher Teil des kulturellen und spirituellen Erbes der Menschen. Der Klimawandel könnte sich irreversibel auf dieses Erbe auswirken.

Der Anstieg des Meeresspiegels führt zur Überflutung von Küstenregionen und steigert dort die Erosion.

Heute leben ca. 40% der Menschen höchstens 100 km vom Meer entfernt, wodurch sie vom Meeresspiegelanstieg bedroht sind.

Da Meeresströmungen eine Schlüsselrolle bei der Regulierung des globalen und regionalen Klimas spielen, haben Veränderungen der Ozeanzirkulation große Auswirkungen auf das Klima.

Muschelschalen und Außenskelette mariner Lebewesen bestehen aus Kalk. Sie lösen sich mit zunehmender Ozeanversauerung auf bzw. lassen sich nicht mehr so leicht bilden.

Küsten-Ökosysteme wie Mangroven, Seegraswiesen und Salzwiesen sind durch den Anstieg des Meeresspiegels bedroht.

Schalentiere, Korallen und Plankton sind wichtige Bestandteile mariner Nahrungsnetze. Sie sind von der Ozeanversauerung betroffen.

Der Klimawandel hat Auswirkungen auf die große Artenvielfalt der Ozeane.

Es wird weniger Süßwasser für Haushalte, die Landwirtschaft, die Industrie und die Energieerzeugung (in Wasserkraftwerken) verfügbar sein.

Die Erde ist ein komplexes System, in dem alles miteinander wechselwirkt: Folgen des Klimawandels sind nie Einzelereignisse.

Wir können den Ozean und die Kryosphäre und ihre Ökosystemleistungen schützen.

Die Versauerung der Ozeane wird sich auf das Phytoplankton auswirken, das schätzungsweise 80% des weltweiten Sauerstoffs liefert.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf Küsten- und Bergregionen bedrohen die Freizeitleistungen, die diese Ökosysteme uns bieten, und die für unser Wohlbefinden wichtig sind.

Die Auswirkungen des Klimawandels auf marine Ökosysteme sind besonders für die fast 3 Milliarden Menschen beunruhigend, für die Fische und Meeresfrüchte die Hauptproteinquelle sind.



## LOKALE GEMEINSCHAFTEN

Bangladesch ist ein Küstenstaat, der zum großen Teil auf weniger als 12 Meter über dem Meer liegt. Bangladesch hat über 150 Millionen Einwohner und ist damit eines der am dichtesten bevölkerten Länder der Erde.

Die Nachbarstädte La Paz und El Alto in Bolivien gehören zu den am schnellsten wachsenden Stadtgebieten in Lateinamerika. La Paz ist die höchstgelegene Hauptstadt der Welt. Ihre Süßwasserversorgung hängt zum großen Teil vom Schmelzwasser der Anden-Gletscher ab.

Die Inuit-Völker der Arktis haben eine uralte kulturelle Verbindung zu den Ökosystemen des Meereises. Sie sind für die Jagd, die Fischerei und den Transport vom Meereis abhängig.

An der Kerala-Küste Indiens leben viele Gemeinschaften in der Nähe von Mangroven. Mangroven dämpfen die Wellen vom Ozean, bieten Schutz für die Menschen und die Infrastruktur entlang der Küste. Mangroven liefern auch Brennholz und Bauholz. Die Einwohner fangen für den eigenen Verzehr.

Die Sahelzone ist eine Region in Afrika mit halbtrockenem Klima: sehr wenig und unregelmäßiger Regen und eine hohe Wasserverdampfungsrate. Die Landwirtschaft ist sehr prekär und erfüllt kaum die Bedürfnisse der Bevölkerung. Bei längeren Dürreperioden leiden Mensch und Vieh an Hungersnöten.

Yakutsk ist die Hauptstadt der Republik Sacha in Russland. Sie liegt ca. 450 km südlich vom nördlichen Polarkreis. Mit einem extremen subarktischen Klima hat Yakutsk die kältesten Wintertemperaturen aller größeren Städte weltweit. Außerdem ist sie die größte Stadt, die auf Permafrost gebaut ist.

Die Existenzgrundlage vieler kleiner Inselstaaten hängt von den Korallenriffen ab. Die Korallenriffe garantieren ihnen Nahrungssicherheit (Fischerei), Einkommen (Tourismus) sowie Schutz vor Erosion und extremen Wetterbedingungen.

# UNTERRICHTSSTUNDE D2

## NAHRUNGSNETZE UND ÖKOSYSTEME

### FACH

Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 25 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde bis 1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

In einem Rollenspiel erforschen die Schüler polare und marine Nahrungsnetze. Sie lernen, dass für das Überleben in einem Ökosystem alle Lebewesen miteinander interagieren und voneinander abhängen.

### KERNIDEEN

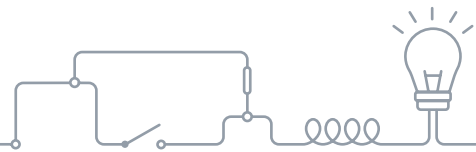
- ~ Veränderungen im Ozean und in der Kryosphäre haben Folgen für Lebewesen.
- ~ Ökosysteme sind zerbrechlich.
- ~ Das Verschwinden eines einzigen Elements aus einem Ökosystem kann das gesamte Nahrungsnetz vernichten. Das betrifft am Ende auch den Menschen.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Ökosystem, zerbrechliches Gleichgewicht, Nahrungsnetz

### FORSCHUNGSMETHODE

Rollenspiel / Multimediaaktivität + Wandbild



Basteln Sie für jede Art des Nahrungsnetzes ein Schild, das mit einer Schnur um den Hals eines Schülers gehängt werden kann (kleben Sie z. B. das Bild der Art auf Pappe, machen Sie zwei Löcher in das Schild und ziehen Sie die Schnur hindurch). Jeder Schüler stellt eine Art dar. Dadurch dass das Schild um seinen Hals hängt, sind seine Hände frei, so dass er die Schnüre halten kann, die ihn mit anderen Arten verbinden.

- **Option 2:** Starten Sie die interaktive Animation (siehe Seite 187). Wenn die Internetverbindung zu schwach ist, können Sie die interaktive Animation vorab herunterladen.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Das Ziel der Unterrichtsstunde ist es, die Auswirkungen des Klimawandels auf Nahrungsnetze zu ergründen. Es geht nicht um die Nahrungsnetze an sich. Eventuell können Sie eine zusätzlich Stunde ansetzen, damit die Schüler die verschiedenen Arten des Nahrungsnetzes kennenlernen.

## VORBEREITUNG 25 MIN

### MATERIAL

- ARBEITSBLÄTTER D2.1 bis D2.13
- Schnur (damit sich jeder Schüler ein Schild mit dem Namen einer Tier- oder Pflanzenart um den Hals hängen kann)
- noch mehr Schnur (mindestens 2 Meter lange Stücke, mehrere pro Schüler), um sie zwischen den Schülern zu spannen

**Multimedia:** Interaktive Animation zu verschiedenen Nahrungsnetzen, Videos (Ozeanversauerung und Korallen; Mangroven), siehe Seite 186.

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

- **Option 1:** Wählen Sie ein oder mehrere Nahrungsnetz(e) aus und drucken Sie das entsprechende Arbeitsblatt aus: Korallenriff (ARBEITSBLÄTTER D2.1, D2.2, D2.3), Kelpwald (ARBEITSBLÄTTER D2.4 und D2.5), Arktis (ARBEITSBLÄTTER D2.6 und D2.7), Mangrovenwald (ARBEITSBLÄTTER D2.8 und D2.9), Nordsee (ARBEITSBLÄTTER D2.10 und D2.11), Antarktis (ARBEITSBLÄTTER D2.12 und D2.13).

## EINFÜHRUNG 10 MIN

Rekapitulieren Sie mit den Schülern die verschiedenen Folgen des Klimawandels für den Ozean und die Kryosphäre. Fragen Sie die Schüler: *Welche möglichen Auswirkungen haben die verschiedenen Phänomene des Klimawandels (z. B.: die schmelzende Kryosphäre, der steigender Meeresspiegel, die Ozeanversauerung usw.) für Tiere und Pflanzen in den Ökosystemen des Ozeans und der Kryosphäre?* Schreiben Sie die Antworten der Schüler an die Tafel.

## DURCHFÜHRUNG 35 – 70 MIN

### OPTION 1 (35 MIN) – ROLLENSPIEL

**1.** Das Ökosystem-Spiel: Geben Sie jedem Schüler ein Schild, auf dem eine Art abgebildet ist, die Teil eines Nahrungsnetzes ist (ARBEITSBLÄTTER D2.1 bis D2.13) und mehrere Stücke Schnur. Die verschiedenen Ökosysteme sind unterschiedlich komplex. Wählen Sie ein Nahrungsnetz aus, das zum Niveau Ihrer

Schüler, zu ihrem Vorwissen und der geografischen Lage der Schule passt.

Teilen Sie jedem Schüler eine Art zu. Mehrere Schüler können/sollten die gleiche Art darstellen, und zwar nach der im Folgenden angegebenen Aufteilung.

#### → Beispiel 1 – Nahrungsnetz im Korallenriff

ARBEITSBLÄTTER D2.1, D2.2, D2.3

- 1 Schüler für jede dieser Arten: Garnele, Drückerfisch, Papageifisch, Falterfisch, Halfterfisch, Riffbarsch, Krake, Schildkröte, Zackenbarsch, Kleiner Schwarzspitzenhai;
- jeweils 2 Schüler für Schwämme und Korallen;
- die übrigen Schüler:  $\frac{1}{3}$  stellen Phytoplankton,  $\frac{1}{3}$  Makroalgen,  $\frac{1}{3}$  organische Materie dar.

#### → Beispiel 2 – Nahrungsnetz im Kelpwald

ARBEITSBLÄTTER D2.4 und D2.5

- 1 Schüler für jede dieser Arten: Kelpkrabbe, Seestern, Sägebarsch, Seeotter, Seelöwe, Schwertwal;
- jeweils 2 Schüler für Seeohren (Abalone), Seeigel, Venusmuscheln;
- die übrigen Schüler:  $\frac{1}{2}$  stellen Phytoplankton,  $\frac{1}{2}$  Kelp (Seetang) dar.

#### → Beispiel 3 – Nahrungsnetz in der Arktis

ARBEITSBLÄTTER D2.6 und D2.7

- 1 Schüler für jede dieser Arten: Robbe, Walross, Eisbär, Grönlandwal, Krabbentaucher;
- jeweils 2 Schüler für Ruderfußkrebse, Krill, Grönlanddorsch und Venusmuscheln;
- die übrigen Schüler:  $\frac{1}{2}$  stellen Phytoplankton und  $\frac{1}{2}$  Schneevalgen dar.

#### → Beispiel 4 – Nahrungsnetz im Mangrovenwald

ARBEITSBLÄTTER D2.8 und D2.9

- 1 Schüler für jede dieser Arten: Mangrovenschnapper, Braunpelikan, Roter Ibis, Schlamm-springer, Krokodil;
- jeweils 3 Schüler für Garnelen, Krabben, Mangrovenschnecken und Ringelwürmer;
- die übrigen Schüler stellen Mangrovenbäume dar.

#### → Beispiel 5 – Nahrungsnetz in der Nordsee

ARBEITSBLÄTTER D2.10 und D2.11

- 1 Schüler für jede dieser Arten: Hering, Makrele, Dornhai, Kegelrobbe, Silbermöwe, Miesmuschel und Austernfischer;
- jeweils 2 Schüler für Garnelen und Quallen;
- 3 Schüler für Ruderfußkrebse;
- die übrigen Schüler:  $\frac{1}{2}$  stellt Phytoplankton,  $\frac{1}{2}$  organische Materie dar.

#### → Beispiel 6 – Nahrungsnetz in der Antarktis

ARBEITSBLÄTTER D2.12 und D2.13

- 1 Schüler für jede dieser Arten: Antarktischer Seehecht, Kaiserpinguin, Albatros, Tintenfisch, Weddellrobbe, Seeleopard, Schwertwal, Buckelwal;
- die übrigen Schüler:  $\frac{2}{3}$  stellen Phytoplankton und  $\frac{1}{3}$  Krill dar.

Den Schülern sollte bewusst sein, dass Phytoplankton, Schneevalgen, Seetang, Mangrovenbäume und Seegras die am häufigsten vorkommenden Lebewesen in den verschiedenen Nahrungsnetzen sind, und dass sie an der Basis des Nahrungsnetzes stehen. Top-Prädatoren (Raubtiere am oberen Ende des Nahrungsnetzes) sind weniger zahlreich – sie sind darauf angewiesen, dass es viele Exemplare der Arten gibt, von denen sie sich ernähren, um zu überleben.

2. Lesen Sie mit den Schülern die Texte, die die verschiedenen Arten beschreiben.

3. Die Schüler müssen herausfinden, von welchen Arten ihre eigene Art abhängt, um zu überleben (welche Arten kann ihre eigene Art fressen?). Sie sollten an der Basis des Nahrungsnetzes anfangen (Phytoplankton, Makroalgen, Schneevalgen, Mangrovenbäume oder Seetang) und sich langsam bis zu den Raubtieren hocharbeiten. Die Schüler halten dann pro Art, von der sie abhängen, eine Schnur in der Hand. Letztere halten das andere Ende der Schnur. Bitten Sie die Schüler der Reihe nach, ihre Wahl für die Schnur-Verbindungen zu erklären.

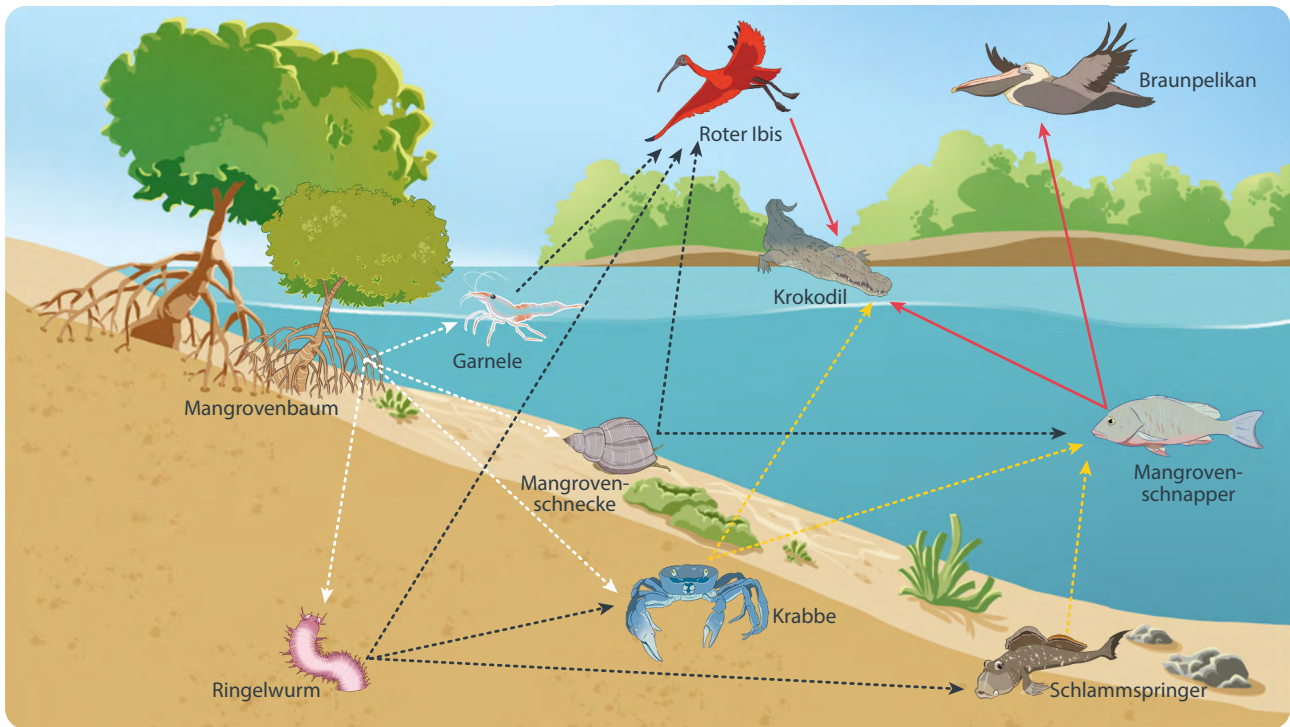
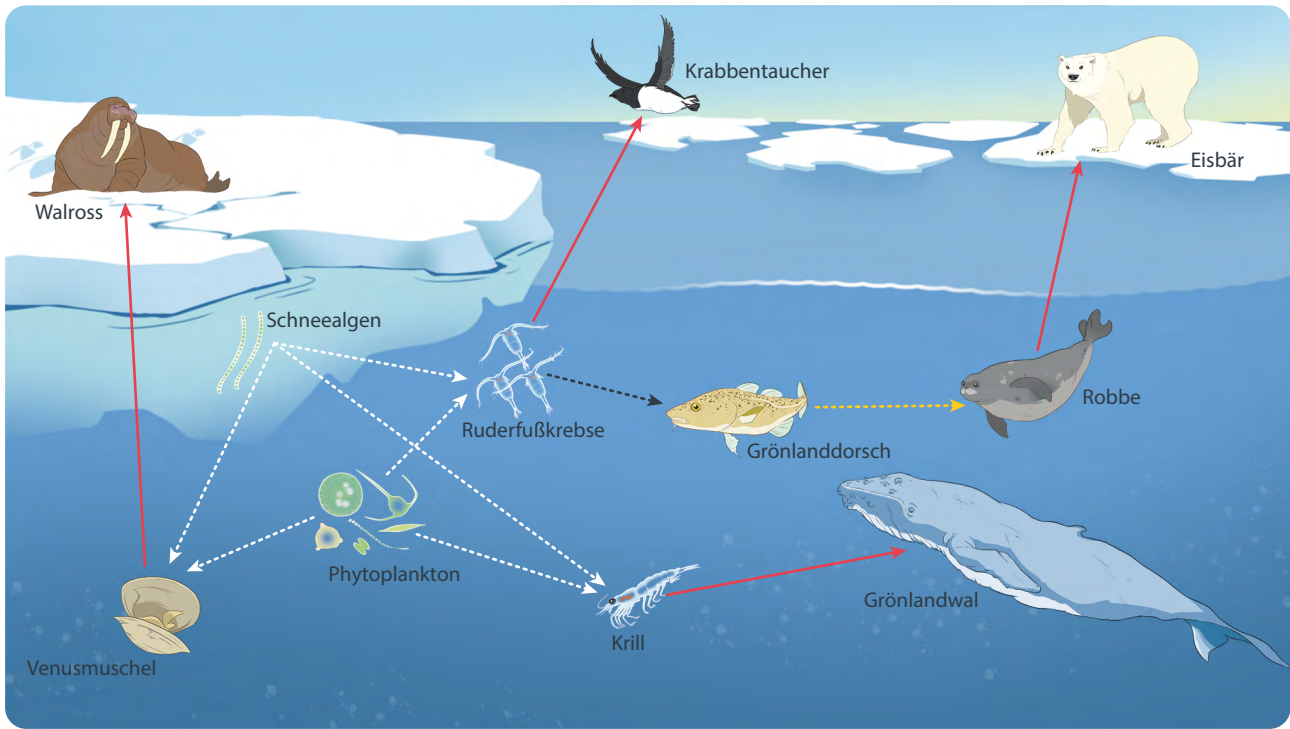


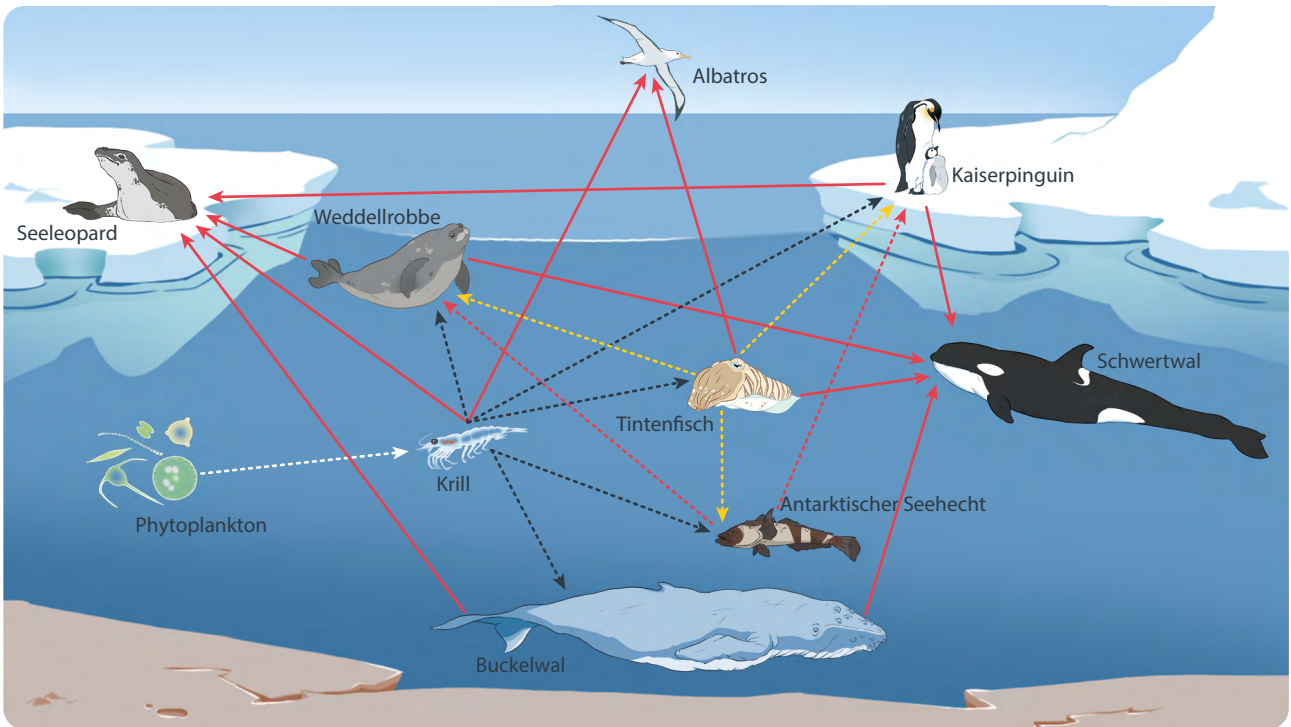
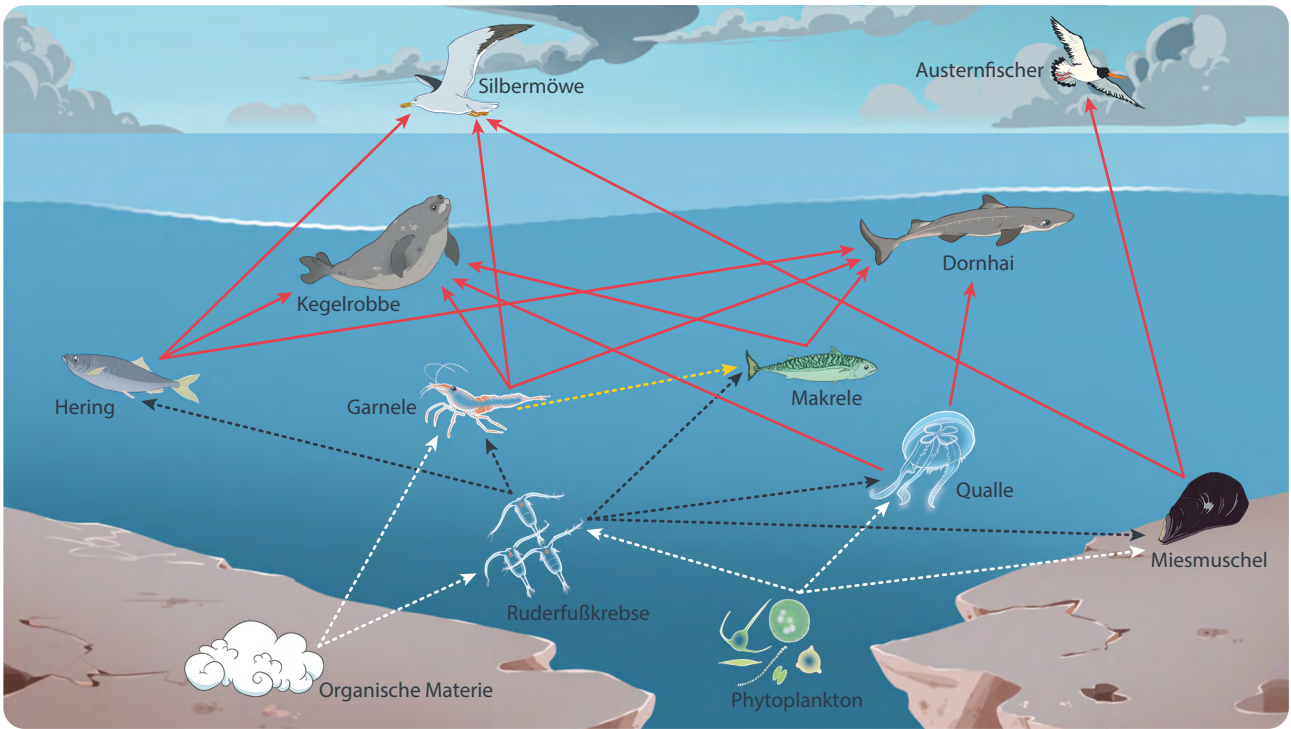
Eine „Krill-Schülerin“ ist mit dem übrigen Nahrungsnetz verbunden.



Phytoplankton-Halsband







4. Wenn sie ihr Ökosystem aufgebaut haben (alle Arten sind miteinander verbunden und alle Schüler sind mit den Schnur-Verbindungen einverstanden), können sich die Schüler überlegen, was für Störungen ihr Ökosystem aus dem Gleichgewicht bringen könnten. Zusätzlich zu den von den Schülern vorgeschlagenen Störungen können Sie einige aus den folgenden Listen auswählen. Wenn eine Art wegen einer Störung des Ökosystems stirbt, setzt sich der entsprechende Schüler auf den Boden und lässt alle Schnüre los, die ihn mit seinen Räuber- und Beutearten verbindet. Eine Art kann auch dann sterben, wenn sie keine Nahrung mehr hat (wenn also alle Nahrungsquellen/Beutearten auf dem Boden sitzen).

#### Beispiel 1: Nahrungsnetz im Korallenriff

- Ist die Wassertemperatur ungewöhnlich hoch (z. B. während mariner Hitzewellen), kann es eine Korallenbleiche geben. Korallen bleichen aus, wenn die Korallenpolypen die Algen ausstoßen, die symbiotisch in ihrem Gewebe leben. Eine Korallenbleiche führt zur Zerstörung von Korallenriffen, die fast 25% aller im Meer lebenden Arten beherbergen. Ausgebleichte Korallen leben noch eine Weile, verhungern aber nach einiger Zeit, wenn die Wassertemperatur nicht wieder sinkt und die symbiotischen Algen nicht zurückkehren.
- Wie viele riffbildende Organismen bestehen Korallen aus Kalk und reagieren sehr sensibel auf Veränderungen des pH-Wertes des Meerwassers. Weil im Meer ein Teil des vom Menschen verursachten CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre absorbiert wird, sinkt der pH-Wert des Meerwassers. Das führt zu einer Versauerung des Ozeans. Dies beeinträchtigt vor allem die Korallen: Sie haben Schwierigkeiten, ihr hartes Skelett aufzubauen, wodurch sich die gesamte Riffstruktur verändert. Auch manche Phytoplankton-Arten sind von der Versauerung der Ozeane betroffen.
- Es können noch weitere Aspekte des Klimawandels die Ökosysteme in einem Korallenriff beeinträchtigen, wie z. B. der Anstieg des Meeresspiegels, häufiger auftretende extreme Wetterereignisse bei Tropenstürmen, zunehmende Wellenhöhen und Veränderungen der Ozeanzirkulation.
- Im Zusammenspiel verändern all diese Auswirkungen die Ökosystemfunktionen von Korallenriffen sowie deren Ökosystemdienstleistungen für die Menschen dramatisch.

#### Beispiel 2: Nahrungsnetz im Kelpwald

- Kelp (Seetang) gedeiht bei Temperaturen zwischen 10°C und 15°C am besten. Bei Wassertemperaturen über 20°C kann Kelp nicht überleben. Ein klimabedingter Anstieg der Temperatur des

Meerwassers wird höchstwahrscheinlich die Primärproduktion (durch Kelp) beeinträchtigen, mit Auswirkungen auf das gesamte Nahrungsnetz.

- Einige Seeigelarten bevorzugen wärmeres Wasser. Ein Anstieg der Wassertemperatur bei gleichzeitigem Rückgang der Seeotterbestände – weil sie von Menschen gejagt werden – könnte zu einem drastischen Anstieg der Seeigelpopulation führen. Diese würden die Kelpwälder abgrasen, was das gesamte Ökosystem beeinträchtigen würde.

#### Beispiel 3: Nahrungsnetz in der Arktis

- Wenn die Wassertemperatur steigt, schmilzt das Meereis. Meereis ist der Lebensraum von Walrossen und Robben, der Hauptnahrung von Eisbären. All diese Tiere können ohne Eis nicht überleben.
- Außerdem lebt im Meereis auch eine bestimmte Art von Mikroalgen, die nur im Eis gedeiht: die Schneeealge. Obwohl sie mikroskopisch klein sind, bilden Schneeealgen riesige Kolonien, die bis einige Meter unter die Eisoberfläche reichen können. In eisbedeckten Gegenden sind Schneeealgen die Hauptnahrungsquelle für das gesamte arktische Nahrungsnetz. Ein klimabedingter Rückgang des Meereises verringert den Schneeealgenbestand und beeinträchtigt das ganze Nahrungsnetz.
- Krabbentaucher ernähren sich von Ruderfußkrebsern, die in kalten Gewässern leben. Die Erwärmung des Ozeans verändert ihr Nahrungsangebot. Für die Vögel wird es schwierig, genug Futter zu finden, und ihr Bestand wird schrumpfen.

#### Beispiel 4: Nahrungsnetz im Mangrovenwald

- In den letzten 50 Jahren sind weltweit fast die Hälfte der Mangroven verschwunden – um Platz für Garnelen-Aquakulturen zu machen, aufgrund der voranschreitenden Küstenerschließung, oder weil Mangrovenbäume vermehrt als Brennstoff genutzt werden. Der Klimawandel und der Rückgang der Küstenlinie durch den Anstieg des Meeresspiegels setzen Mangrovenwälder zusätzlich unter Druck und tragen zu ihrem Verschwinden bei. Obwohl Mangroven nur 1% der Wälder der Erde ausmachen, binden sie eine große Menge an Kohlenstoff. Ihr Verschwinden könnte beträchtliche Mengen an CO<sub>2</sub> freisetzen.
- Mangroven sind der Lebensraum von Garnelen und Jungfischen. Ihr Verschwinden hätte dramatische Folgen für die Fischerei.

#### Beispiel 5: Nahrungsnetz in der Nordsee

- Wegen der Erwärmung des Meerwassers wandern Phytoplanktongemeinschaften bereits heute schon langsam nach Norden. Dies könnte dazu führen, dass sich die Zooplanktonbestände (z. B.





Beispiel für ein von Studenten gestaltetes Wandbild, das ein Nahrungsnetz in der Antarktis darstellen soll (Association of Polar Early Career Scientists)

Ruderfußkrebse) verringern. Fische werden ihrer Nahrungsquelle folgen und ebenfalls nach Norden ziehen. Wenn Seevögel dadurch nicht mehr genug Nahrung finden, könnte sich ihr Bestand verringern.

#### Beispiel 6: Nahrungsnetz in der Antarktis

- Krill ernährt sich von Organismen, die unter dem Meereis leben. Meereis schützt Krill auch vor Räubern. Wenn das Meereis durch die globale Erwärmung verschwindet, wird das Auswirkungen auf den Krill haben.
- Die Ozeanversauerung greift die Kalkschale von Muscheln an und verhindert, dass neue Kalkschalen aufgebaut werden können. Da die Ozeane weiter versauern (der pH-Wert sinkt), sind auch manche Phytoplanktonarten beeinträchtigt.
- Eis ist der Lebensraum von Pinguinen und Robben. Ein klimabedingter Rückgang des Eises gefährdet ihr Überleben.

5. Sie können mit Ihren Schülern mehrere Nahrungsnetze durchspielen. Die Schüler sollten zusammenfassend feststellen: In einem Ökosystem sind alle Lebewesen miteinander verbunden und es ist wichtig, dass das Gleichgewicht des Ökosystems erhalten bleibt.

#### → TIPP FÜR LEHRENDE

Primärproduzenten wie Phytoplankton werden von der Sonne "gefüttert" (durch Photosynthese). Daher müssen sich Phytoplankton-Schüler nur dann auf den Boden setzen, wenn sich die Folgen des Klimawandels direkt auf sie auswirken.

6. Nachdem das Spiel mit verschiedenen Ökosystemen und verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels durchgespielt wurde, werden alle Schilder des Rollenspiels (z. B. mit Magneten) an der Tafel festgemacht. Die Schüler sollen an der Tafel alle Lebewesen eines Nahrungsnetzes mit Pfeilen verbinden, angefangen mit den Primärproduzenten am unteren Ende des Nahrungsnetzes.

#### OPTION 2 (35 MIN) – MULTIMEDIAAKTIVITÄT

Statt des Rollenspiels können die Schüler die weiter oben vorgestellten Nahrungsnetze auch mittels einer interaktiven Animation erkunden.

#### NACHBEARBEITUNG 10 MIN

In der abschließenden Diskussion können folgende Punkte noch einmal besprochen werden: die gegenseitige Abhängigkeit aller Lebewesen in einem Ökosystem; wie schwierig es ist, das Gleichgewicht eines Ökosystems zu erhalten; und welches die Folgen für die Menschen sind, wenn ein Ökosystem aus dem Gleichgewicht gerät.

#### OPTIONALE VERLÄNGERUNG (2 STUNDEN)

Die Schüler wählen eines der Nahrungsnetze aus. Jeder Schüler bekommt ein Blatt Papier (A4-Format) und zeichnet eine Art des Nahrungsnetzes – entweder die Art allein oder die Art zusammen mit ihren Räuber- und/oder Beutearten. Die Hintergrundfarbe sollte passend zum Habitat gewählt werden. Innerhalb der Klasse sollte das Verhältnis von Räuber und Beute eingehalten werden, damit es am Ende nicht 30 Schwertwale und nur 5 Pinguine gibt. Die Bilder der Schüler können dann zu einem großen Wandbild zusammengestellt werden.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

### ÖKOLOGISCHES SYSTEM

Die Gesamtheit der Lebewesen einer bestimmten Umgebung bildet mit ihr einen funktionalen Zusammenhang, dessen Bestandteile – die Lebewesen und die abiotischen Faktoren (die „nicht lebenden“ Bestandteile wie klimabezogene Faktoren, Bodenarten, chemische Elemente usw.) – miteinander wechselwirken. Für solch eine Gemeinschaft hat der englische Botaniker Arthur Tansley 1935 den Begriff **Ökosystem** als ökologische Grundeinheit vorgeschlagen. Für eine Umgebung und ihre charakteristischen Bedingungen hat Tansley die Bezeichnung Biotop geprägt. Und die Gesamtheit der Lebewesen in einem Biotop wird **Biozönose** genannt. Das ergibt:

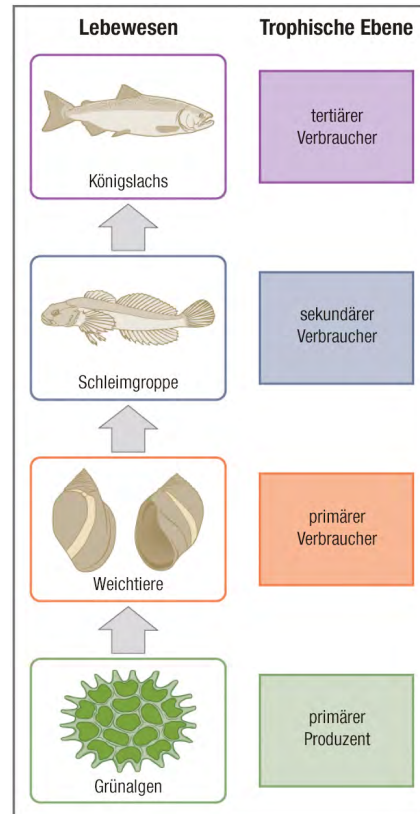
**Ökosystem = Biotop + Biozönose.**

Es gibt eine Vielzahl von marinen und Küsten-Ökosystemen, zum Beispiel Flussmündungen, Korallenriffe, Strände, der Ozeanboden, Mangrovenwälder. Die Kryosphäre kann auch Teil mariner Ökosysteme sein, wie z. B. die arktischen und antarktischen Ökosysteme. Die Kryosphäre ist aber auch Teil zahlreicher Ökosysteme an Land: das Himalaya-Hochgebirge oder die Tundra. Jedes Ökosystem umfasst charakteristische, ihm eigene, abiotische Faktoren und Lebewesen auf.

Neben den jahreszeitlich bedingten Veränderungen können Ökosysteme von vielerlei regelmäßigen oder sporadischen Schwankungen (Gezeiten, Stürme, Schneefall usw.) beeinflusst werden, was die Verteilung der verschiedenen Arten verändert. Ökosysteme entwickeln sich im Laufe der Zeit in Richtung eines Gleichgewichtszustandes, der als „Klimax“ bezeichnet wird. Dieses Gleichgewicht kann jedoch schnell zerstört werden, wenn das normale Funktionieren des Ökosystems gestört wird, zum Beispiel durch menschliche Aktivitäten oder den Klimawandel.

### NAHRUNGSNETZE

Ein Ökosystem ist durch seine **trophischen Beziehungen** gekennzeichnet: Jedes Lebewesen stellt für ein anderes Lebewesen entweder eine **Beute** oder einen **Räuber** dar. Diese Beziehungen können als Ketten dargestellt werden, die verdeutlichen, „wer von wem gefressen wird“. Die Realität ist jedoch komplexer, weil die **Nahrungsketten** eigentlich **Nahrungsnetze** sind, was bedeutet, dass ein Lebewesen verschiedene Arten fressen kann, und eine Art von verschiedenen Lebewesen gefressen werden kann.



Beispiel einer Nahrungskette

**Autotrophe** Organismen bilden immer die Basis eines Nahrungsnetzes. Diese Organismen, wie z. B. Pflanzen und Phytoplankton, können mithilfe von Licht, Wasser, Kohlenstoffdioxid und anderen chemischen Verbindungen ihre eigene Nahrung produzieren. Sie werden daher „**Primärproduzenten**“ genannt. Autotrophe Lebewesen werden von heterotrophen Lebewesen gefressen, die ihre Nahrung nicht selbst erzeugen können. **Heterotrophe** Organismen können in verschiedene Kategorien aufgeteilt werden, wie z. B. **primäre, sekundäre oder tertiäre Verbraucher**, je nach ihrer Stellung im Nahrungsnetz (ob sie direkt die autotrophen Organismen fressen oder heterotrophe Organismen, die autotrophe Organismen fressen usw.). In der Darstellung eines Nahrungsnetzes bedeuten die Pfeile „wird gefressen von“.

Weil alle Arten in einem Ökosystem miteinander vernetzt sind, kann selbst die kleinste Störung in der Population einer Art oder das Verschwinden einer einzigen Art Auswirkungen auf alle anderen Arten haben, die von ihr abhängen. Wenn man bedenkt, dass eine Art bestimmte Umweltbedingungen braucht (wie z. B. bestimmte klimatische Bedingungen), damit sie gedeihen kann, kann jede Störung dieser Bedingungen zu einem Ungleichgewicht im gesamten Nahrungsnetz führen, mit verheerenden Folgen für das ganze Ökosystem.



## NAHRUNGSNETZ IM KORALLENRIFF 1/3



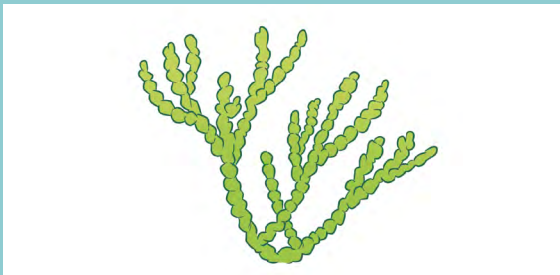
### PHYTOPLANKTON

Phytoplankton besteht aus mikroskopischen Organismen, die in der oberen, von der Sonne bestrahlten Schicht des Ozeans treiben. Wie Pflanzen an Land betreibt Phytoplankton mithilfe von Sonnenlicht, Wasser, CO<sub>2</sub> und gelösten Mineralien Photosynthese und produziert organische Verbindungen. Phytoplankton ist ein Primärproduzent: Es bildet die Basis des Nahrungsnetzes.



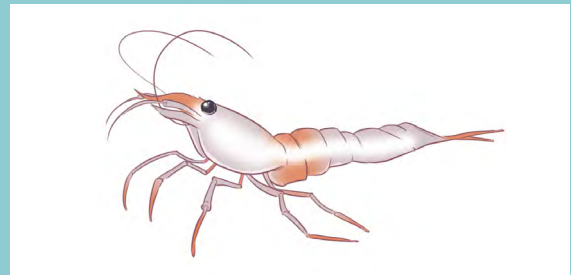
### ORGANISCHE MATERIE

Organische Materie umfasst eine Vielzahl von Kohlenstoffverbindungen aus den Überresten von Pflanzen und Tieren und ihren Abfallprodukten. Im Meerwasser absinkende Klumpen aus organischem Kohlenstoff können aussehen wie Schneeflocken und werden daher als „mariner Schnee“ bezeichnet. Garnelen und Drückerfische ernähren sich von organischer Materie.



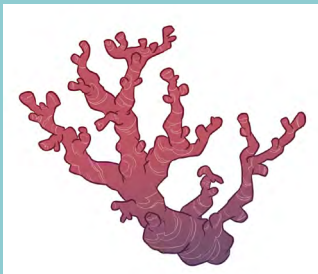
### MAKROALGEN

Makroalgen kommen typischerweise in flachem Wasser vor, wo es genug Licht für ihr Wachstum gibt. Sie sind Primärproduzenten – wie Phytoplankton. Makroalgen dienen als Nahrungsquelle und Lebensraum für Krebs- und Weichtiere, für Schildkröten, und für Fische wie Papageifische, Falterfische, Riffbarsche.



### GARNELE

Garnelen leben am Meeresboden und in flachem Wasser in der Nähe von Küsten und Flussmündungen. Garnelen ernähren sich von organischer Materie, die sie am Meeresgrund finden, und verstecken sich im Sand, um Fressfeinden wie der Krake oder dem Zackenbarsch zu entkommen.



### KORALLEN

Korallen sind Tiere. Sie haben kleine tentakelartige Arme, mit denen sie Nahrung (Phytoplankton) aus dem Wasser fangen und in ihren Schlund befördern. Die meisten Gebilde, die wir als „Korallen“ bezeichnen, bestehen aus Hunderten oder gar Tausenden winzigen Korallenwesen: den Polypen. Jeder weiche Polyp ist von einem harten Außenskelett aus Kalk umgeben. Die meisten Korallen enthalten Algen. Diese im Gewebe der Korallen lebenden Algen nehmen die Abfallprodukte der Koralle auf. Dafür erhalten die Korallen Sauerstoff und organische Produkte.

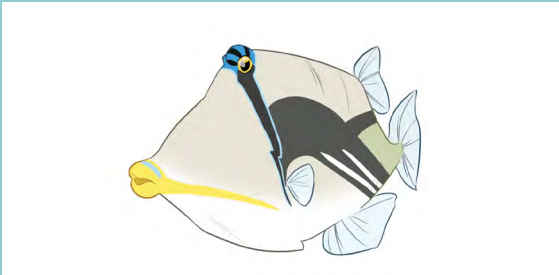


### SCHWAMM

Schwämme kommen in allen möglichen Formen und Farben vor und werden oft fälschlicherweise für Pflanzen gehalten. Es sind Tiere mit einem Körper voller Poren und Kanäle, durch die das Meerwasser strömt. Fließt Wasser durch die äußeren Poren eines Schwamms, bewegt er sich leicht nach vorn: So erhält er Nahrung (Phytoplankton) und Sauerstoff und wird Abfallprodukte los. Schwämme dienen Riffbarschen und Schildkröten als Nahrung.



## NAHRUNGSNETZ IM KORALLENRIFF 2/3



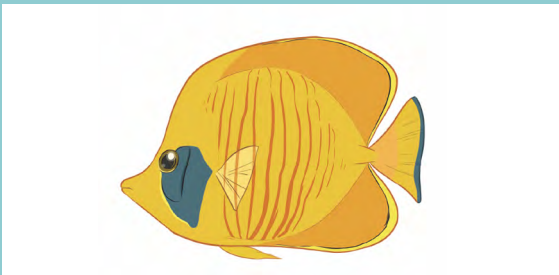
**DRÜCKERFISCH**

Drückerfische sind bunte Fische, die in den Tropen in flachen Gewässern leben. Sie fressen organische Materie und werden von Haien und Zackenbarschen gefressen.



**PAPAGEIFISCH**

Papageifische leben in tropischen und subtropischen Gewässern. Mit ihrem papageienartigen Schnabel fressen sie Makroalgen von Korallen und felsigem Untergrund. Sie werden von Haien und Zackenbarschen gefressen.



**FALTERFISCH**

Falterfische sind kleine, leuchtend bunte Knochenfische. Sie verstecken sich zwischen den Korallen und ernähren sich von Korallen und Makroalgen. Sie werden von Haien und Zackenbarschen gefressen.



**HALFTERFISCH**

Halfterfische haben einen markanten gestreiften, scheibenartigen Körper. Sie ernähren sich von Schwämmen und Korallen. Sie werden von Haien gefressen.



**RIFFBARSCH**

Riffbarsche (oben ein Dreibinden-Preußenfisch) sind kleine, leuchtend bunte Fische, die in oder in der Nähe von Korallenriffen leben. Sie fressen Phytoplankton und werden von Zackenbarschen gefressen.

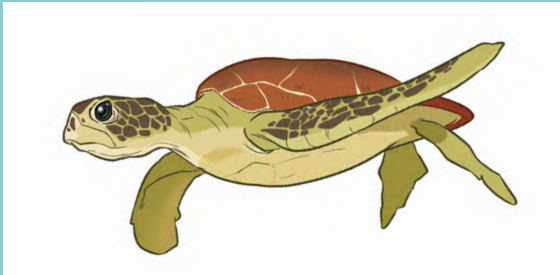


**KRAKE**

Der Krake ist ein Weichtier mit acht muskulösen Armen, an denen sich je zwei Reihen von Saugnäpfen befinden. Er ernährt sich hauptsächlich von Garnelen und wird von Haien und Zackenbarschen gefressen.



## NAHRUNGSNETZ IM KORALLENRIFF 3/3



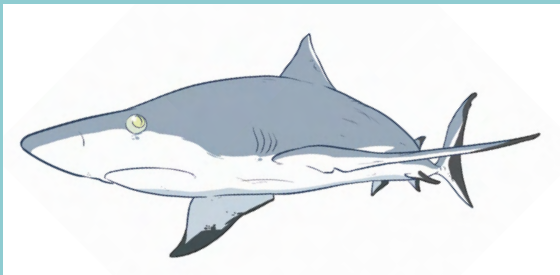
**SCHILDKRÖTE**

Schildkröten sind Reptilien mit knöchigem, lederartigem Panzer und Flossen. Sie leben im Ozean, aber einmal im Jahr kommen sie zu einem Sandstrand und legen dort ihre Eier ab. Sie fressen Makroalgen und Schwämme. Ihre Fressfeinde sind Haie. Junge Schildkröten können auch von Zackenbarschen gefressen werden.



**ZACKENBARSCH**

Zackenbarsche sind große Fische aus der Familie der Wolfsbarsche. Sie haben einen schwerfälligen Körper, einen großen Kopf und ein breites Maul. Sie fressen Fische (z. B. Riffbarsche, Falterfische, Papageifische und Drückerfische), Schalentiere (wie Garnelen) und Kraken. Große Zackenbarsche fressen auch junge Schildkröten.



**KLEINER SCHWARZSPITZENHAI**

Der Kleine Schwarzspitzenhai kommt gewöhnlich in Küstennähe in tropischen und subtropischen Gewässern sowie in Brackwasser vor. Schwarzspitzenhaie fressen alle möglichen Fischarten, Kraken und Schildkröten.



## NHRUNGSNETZ IM KELPWALD 1/2



**PHYTOPLANKTON**

Phytoplankton besteht aus mikroskopischen Organismen, die in der oberen, von der Sonne bestrahlten Schicht des Ozeans treiben. Wie Pflanzen an Land betreibt Phytoplankton mithilfe von Sonnenlicht, Wasser, CO<sub>2</sub> und gelösten Mineralien Photosynthese und produziert organische Verbindungen. Phytoplankton ist ein Primärproduzent: Es bildet die Basis des Nahrungsnetzes.



**SEETANG (KELP)**

Seetang ist eine braune Makroalge, die in gemäßigten und arktischen Gewässern heimisch ist. Wie andere Makroalgen kommt Seetang typischerweise in flachem Wasser vor, wo es genug Licht für ihr Wachstum gibt. Seetang gehört wie Phytoplankton zu den Primärproduzenten. Seetang dient Seeigeln, Seeohren und Krabben als Nahrungsquelle und Lebensraum.



**SEEIGEL**

Seeigel sind stachelige Meeresbewohner. Sie leben am Meeresgrund und haben typischerweise einen Durchmesser von 3 bis 10 cm. Seeigel bewegen sich langsam und fressen Makroalgen. Sie sind die wichtigsten Pflanzenfresser in Kelpwäldern. Ihre Fressfeinde sind Seeotter und Seesterne.



**SEEHR**

Seeohren sind Meeresschnecken. Sie leben am Meeresgrund, wo sie Seetang und andere Makroalgen fressen. Seeohren werden von Seeottern und Seesternen gefressen.



**KELPKRABBE**

Kelpkrabben leben in Kelpwäldern am Meeresgrund. Im Sommer fressen Kelpkrabben Seetang und Makroalgen. Wenn die Makroalgen im Winter sterben, fressen die Krabben Venusmuscheln und Seesterne. Ihre Hauptfressfeinde sind Seeotter und Sägebarsche.



**SEESTERN**

Seesterne leben am Meeresgrund. Sie haben fünf Arme. Sie fressen Seeigel, Seeohren, Venusmuscheln und andere Schalentiere. Sie dienen Krabben und Seeottern als Nahrung.

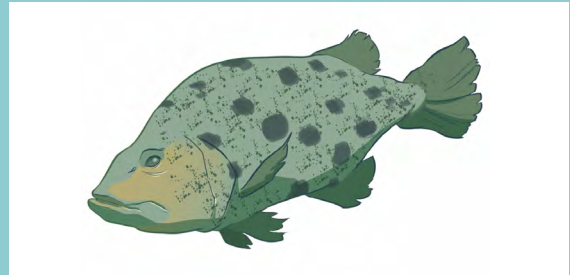


## NAHRUNGSNETZ IM KELPWALD 2/2



**VENUSMUSCHEL**

Venusmuscheln gehören zu den Schalentieren. Sie fressen Phytoplankton und werden von Krabben und Seesternen gefressen.



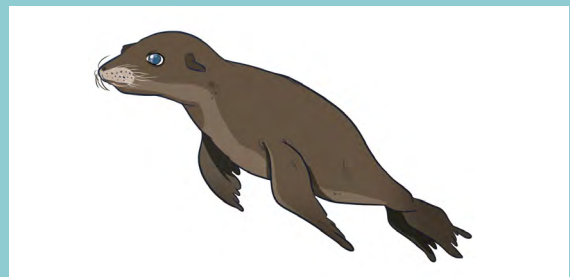
**SÄGEBARSCH**

Sägebarsche leben in Kelpwäldern. Sie fressen Krabben und werden von Seelöwen gefressen.



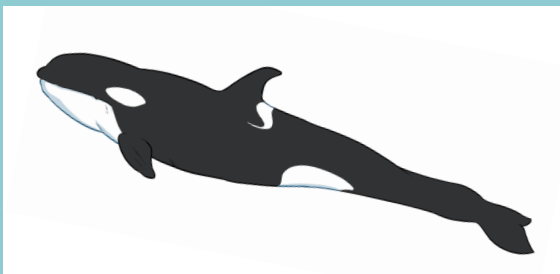
**SEETOTTER**

Der Seeotter ist das kleinste Meeressäuger. Er wiegt zwischen 14 und 45 kg. Seeotter frieren dank ihres außergewöhnlich dicken Fells nicht. Sie fressen Seeigel, Seesterne, Seeohren und Krabben und werden von Schwertwalen gejagt.



**SEELÖWE**

Der Seelöwe gehört zu den Ohrenrobben. Er ist ein Meeressäuger. Ein Männchen wiegt im Schnitt 300 kg, ein Weibchen ca. 100 kg. Seelöwen fressen Fische (Sägebarsche) und werden von Schwertwalen gefressen.



**SCHWERTWAL**

Der Schwertwal lebt in der Arktis und im südlichen Ozean und dringt bis in tropische Meere vor. Er ist ein sehr soziales Tier und lebt in Familienverbänden. Seine Jagdtechnik ist hochentwickelt. Er frisst große Tiere wie Seeotter und Seelöwen.

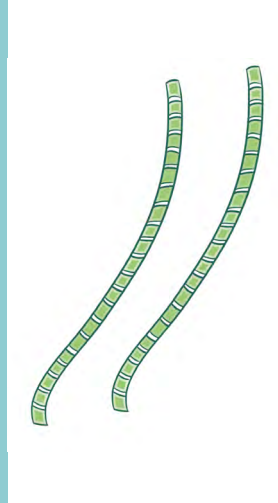


## NAHRUNGSNETZ IN DER ARKTIS 1/2



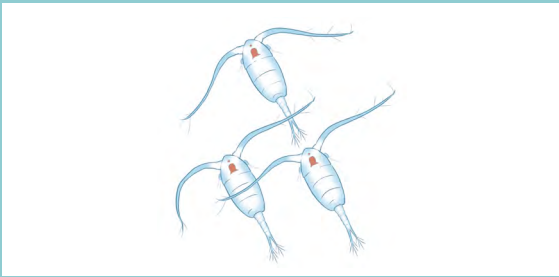
### PHYTOPLANKTON

Phytoplankton besteht aus mikroskopischen Organismen, die in der oberen von der Sonne bestrahlten Schicht des Ozeans treiben. Wie Pflanzen an Land betreibt Phytoplankton mithilfe von Sonnenlicht, Wasser, CO<sub>2</sub> und gelösten Mineralien Photosynthese und produziert organische Verbindungen. Phytoplankton ist ein Primärproduzent: Es bildet die Basis des Nahrungsnetzes.



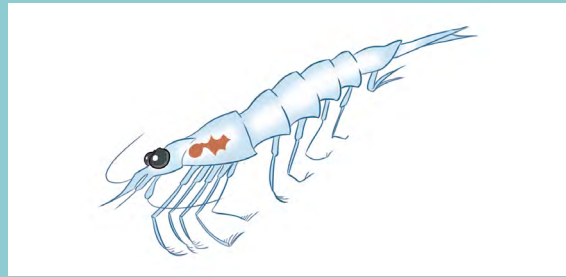
### SCHNEEALGE

Schneeealgen sind Primärproduzenten, die im Meereis gedeihen. Mithilfe von Sonnenlicht, CO<sub>2</sub> und Wasser, produzieren sie organische Materie. Trotz ihrer mikroskopischen Größe können sie mehrere Meter lange Ketten bilden. Tiere fressen gewöhnlich lieber Schneeealgen als Phytoplankton, da ihr Nährwert höher ist. Schneeealgen werden von Venusmuscheln, Ruderfußkrebse und Krill gefressen.



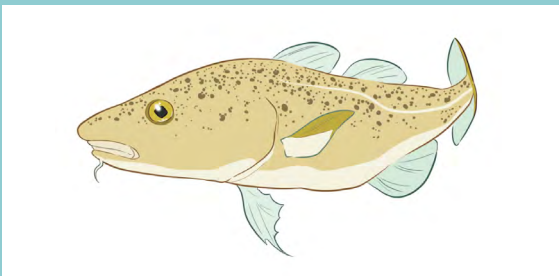
### RUDERFUSSKREBS

Ruderfußkrebse sind Teil des Zooplanktons. Es sind kleine, 1 bis 5 mm lange Tiere, die in den Meeresströmungen treiben. Sie fressen Phytoplankton und Schneeealgen und dienen Fischen wie dem Grönlanddorsch und Vögeln wie dem Krabbentaucher als Futter.



### KRILL

Krill gehört zum Zooplankton. Er kann einige Zentimeter lang sein und bis zu 2 g wiegen. Krill ist ein Filtrierer – er filtert Phytoplankton aus dem Wasser und frisst Schneeealgen. Krill wird von Walen gefressen.



### GRÖNLANDDORSCH

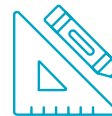
Der Grönlanddorsch (ca. 30 cm lang) lebt in den kalten Gewässern des Arktischen Ozeans sowie rund um Grönland. Er frisst Ruderfußkrebse und wird von Robben gefressen.



### VENUSMUSCHEL

Venusmuscheln gehören zu den Schalentieren. Sie sind mit anderen Weichtieren wie Schnecken und Kraken verwandt. Sie filtern Phytoplankton und Schneeealgen aus dem Wasser am Meeresgrund und werden von Walrossen gefressen.



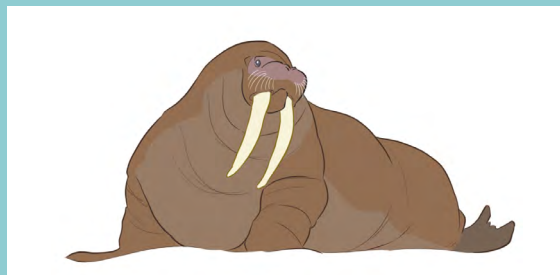


## NAHRUNGSNETZ IN DER AKTIS 2/2



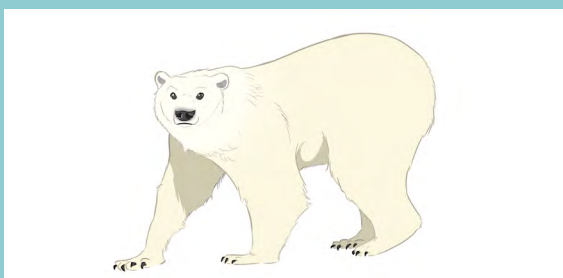
**ROBBE**

Im Arktischen Ozean leben zahlreiche Robbenarten: Bandrobben, Bartrobben, Ringelrobben, Larga-Robben, Mützenrobben und Sattelrobben. Diese großen Meeressäuger fressen hauptsächlich Fische (z. B. Grönlanddorsche) und werden von Eisbären gejagt.



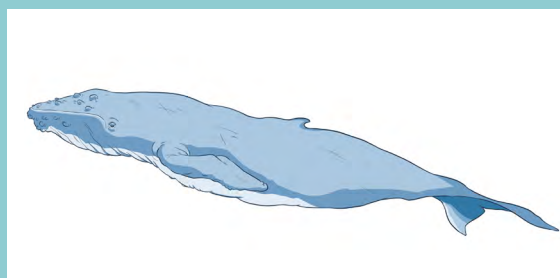
**WALROSS**

Walrosse sind riesige Meeressäuger (sie wiegen bis zu 1700 kg), die in arktischen Gewässern leben. Sie sind an ihren Stoßzähnen leicht zu erkennen. Dank ihrer Fettschicht können sie im kalten Wasser lange nach ihrer Lieblingspeise tauchen: Venusmuscheln.



**EISBÄR**

Eisbären sind die größten Landraubtiere und können mehr als 650 kg wiegen. Sie haben ein dickes weißes Fell, das sie warmhält. Eisbären verbringen die meiste Zeit auf dem Meereis und jagen Robben.



**GRÖNLANDWAL**

In der Arktis leben 17 verschiedene Walarten. Der Grönlandwal ist der einzige Bartenwal (zahnlose Wale, die Nahrung aus dem Meerwasser filtern), der ganzjährig dort lebt. Er frisst ausschließlich Krill.

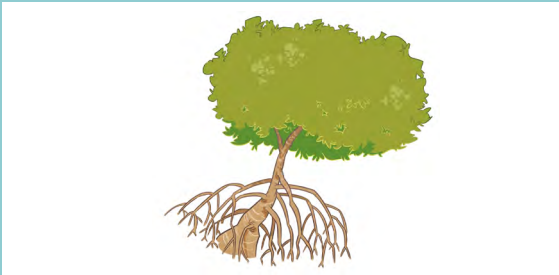


**KRABBENTAUCHER**

Krabbentaucher gehören zu den häufigsten und kleinsten Seevögeln im Nordatlantik. Sie wiegen nur 150 g. Sie halten sich in der Nähe von kalten Meeresströmungen auf. Krabbentaucher fressen Ruderfußkrebse.

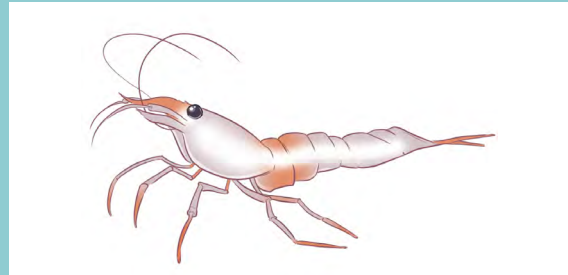


## NHRUNGSNETZ IM MANGROVENWALD 1/2



**MANGROVENBAUM**

Mangrovenbäume wachsen in dichten Mangrovenwäldern in tropischen und subtropischen Küstengebieten, die bei Flut von Meerwasser überflutet werden. Die großen Mengen an Abfall (Laub, Zweige, Rinde, Blüten und Samen) ernähren Krabben, Garnelen, Meeresschnecken und Ringelwürmer.



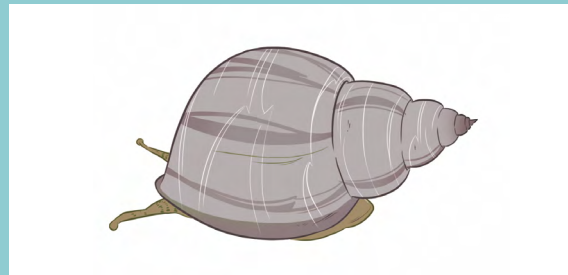
**GARNELE**

Garnelen suchen in schlammigen Böden Unterschlupf. Sie fressen Mangrovenabfälle, die sie am Meeresboden finden und verstecken sich im Sand vor ihrem Fressfeind, dem Roten Ibis.



**KRABBE**

Krabben sind die häufigsten Tiere im Mangrovenwald. Sie kommen bei Ebbe aus ihren Verstecken und fressen Mangrovenabfälle und Ringelwürmer. Sie werden von Krokodilen und Mangrovenschnappern gefressen.



**MANGROVENSCHNECKE**

Die zu den Strandschnecken gehörende Mangrovenschnecke lebt hauptsächlich über dem Meeresspiegel – an den Ästen und Wurzeln der Mangrovenbäume. Sie frisst Mangrovenabfälle und wird von Mangrovenschnappern und Roten Ibissen gefressen.



**MANGROVENSCHNAPPER**

Die rot-grauen Mangrovenschnapper werden bis zu 40 cm lang. Sie fressen hauptsächlich kleine Fische (wie Schlammpringer), Meeresschnecken (wie die Mangrovenschnecke) und Krabben. Mangrovenschnapper können von Braunpelikanen und Krokodilen gefressen werden.



**BRAUNPELIKAN**

Der Braunpelikan ist der kleinste Vertreter aus der Familie der Pelikane. Er nistet in abgelegenen Gebieten wie den Mangroven. Er frisst hauptsächlich Fische wie den Mangrovenschnapper.

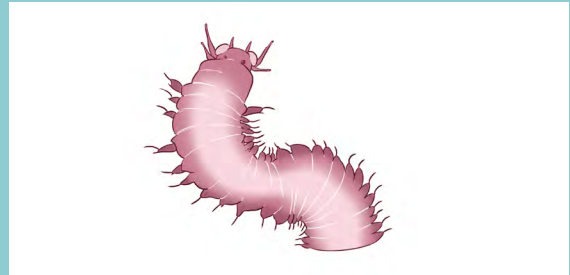


## NHRUNGSNETZ IM MANGROVENWALD 2/2



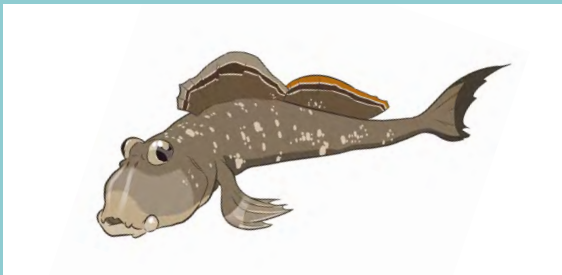
**ROTER IBIS**

Die Füße des Roten Ibis sind speziell dafür geeignet, um sich auf Schlamm fortzubewegen. Mit seinem langen, dünnen Schnabel sucht er im Schlamm nach Garnelen, Ringelwürmern und Meeresschnecken (wie z. B. Mangrovenschnecken). Wenn der Rote Ibis auf Nahrungssuche ist, kann er von Krokodilen erbeutet werden.



**RINGELWURM**

Ringelwürmer sind mikroskopische Würmer, die im Schlamm Unterschlupf finden. Sie fressen Mangrovenabfälle und werden von Schlammpringern, Krabben und Roten Ibissen gefressen.



**SCHLAMMSPRINGER**

Schlammpringer leben meistens in Schlamm- und Sandböden. Man findet sie aber auch zwischen Mangrovenästen, da sie eine Zeit lang außerhalb des Wassers überleben können. Sie fressen Ringelwürmer und werden von Mangrovenschnappern gefressen.



**KROKODIL**

Krokodile sind fleischfressende Räuber. Sie lauern ihrer Beute auf, ziehen sie unter Wasser und ertränken sie oder verschlingen sie ganz. Krokodile sind nicht wählerisch, sie fressen zum Beispiel Fische (Mangrovenschnapper), Vögel (Rote Ibisse) und Krabben.

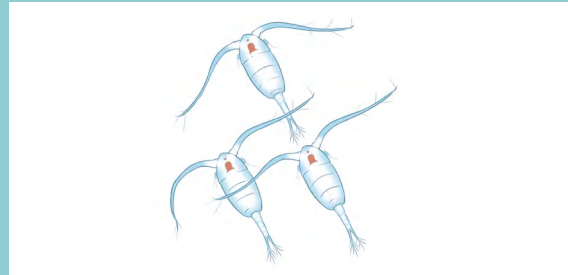


## NHRUNGSNETZ IN DER NORDSEE 1/2



**PHYTOPLANKTON**

Phytoplankton besteht aus mikroskopischen Organismen, die in der oberen von der Sonne bestrahlten Schicht des Ozeans treiben. Wie Pflanzen an Land betreibt Phytoplankton mithilfe von Sonnenlicht, Wasser, CO<sub>2</sub> und gelösten Mineralien Photosynthese und produziert organische Verbindungen. Phytoplankton ist ein Primärproduzent: Es bildet die Basis des Nahrungsnetzes.



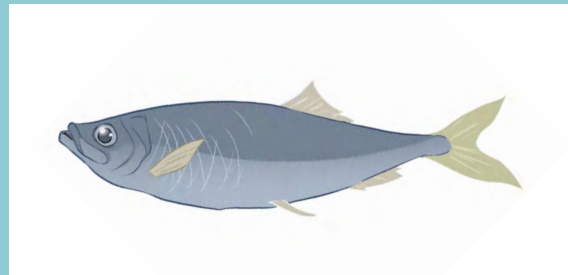
**RUDERFUSSKREBS**

Ruderfußkrebse sind Teil des Zooplanktons. Es sind kleine, 1 bis 5 mm lange Tiere, die in den Meeresströmungen treiben. Sie filtern Phytoplankton aus dem Wasser und werden von Garnelen, Heringen, Makrelen, Quallen und Miesmuscheln gefressen.



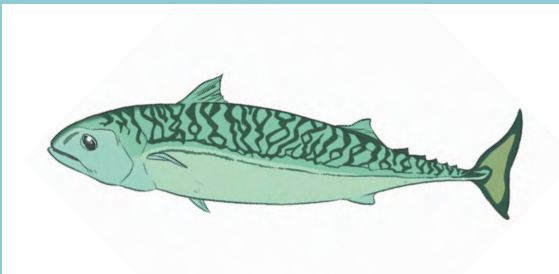
**ORGANISCHE MATERIE**

Organische Materie umfasst eine Vielzahl von Kohlenstoffverbindungen aus den Überresten von Pflanzen und Tieren und ihren Abfallprodukten. Im Meerwasser absinkende Klumpen aus organischem Kohlenstoff können aussehen wie Schneeflocken und werden daher als „mariner Schnee“ bezeichnet. Garnelen und Drückerfische ernähren sich von organischer Materie.



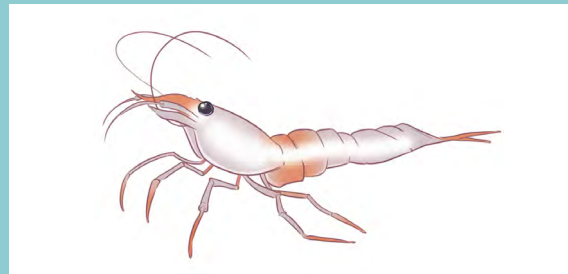
**HERING**

Heringe leben im offenen Meer, dicht unter der Wasseroberfläche. Sie schwimmen in riesigen Schwärmen und fressen Krill. Heringe sind die Beute vieler Arten: z. B. Dornhaien, Kegelrobben und Silbermöwen.



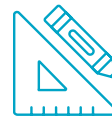
**MAKRELE**

Makrelen leben im offenen Meer zwischen der Wasseroberfläche und einer Tiefe von 200 m. Man findet sie aber auch in Küstengewässern. Makrelen sind ständig in Bewegung und bilden riesige Schwärme. Sie fressen Ruderfußkrebse und Garnelen. Zu ihren Fressfeinden gehören Kegelrobben und Dornhaie.

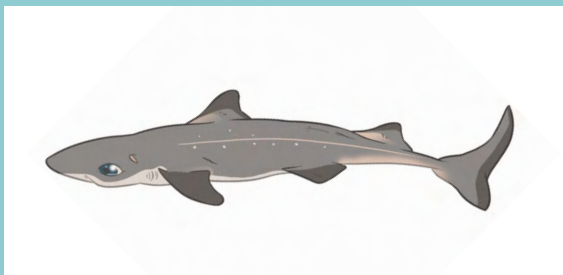


**NORDSEEGARNELE**

Garnelen leben am Meeresboden und in flachem Wasser in der Nähe von Küsten und Flussmündungen. Sie fressen Ruderfußkrebse. Sie verstecken sich im Sand vor ihren Fressfeinden: Makrelen, Dornhaien, Kegelrobben und Silbermöwen.

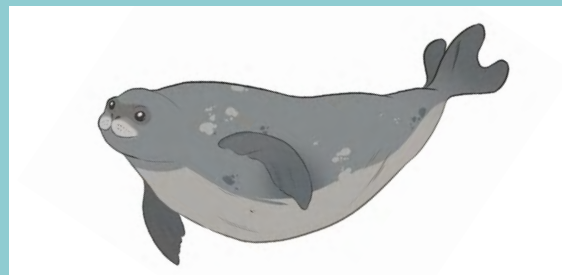


## NAHRUNGSNETZ IN DER NORDSEE 2/2



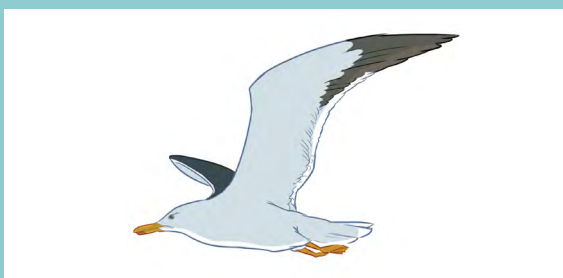
**DORNHAI**

Der Dornhai ist ein kleiner Hai (ca. 1 m lang). Er lebt im offenen Meer in Tiefen zwischen 50 und 200 m. Er jagt in großen Gruppen und frisst andere Fische, wie Heringe und Makrelen, sowie Quallen, Garnelen und sogar Austernfischer.



**KEGELROBBE**

Kegelrobben leben in großen Kolonien auf Sand oder Felsen entlang der Küste. Sie sind Fleischfresser und schwimmen sehr schnell, wobei sie auf der Jagd bis zu 70 m tief tauchen. Kegelrobben fressen fast alles: Fische, wie Heringe und Makrelen, Garnelen und Quallen.



**SILBERMÖWE**

Silbermöwen sind die häufigsten Möwen an der Nordseeküste. Sie brüten vorzugsweise auf steilen Klippen, wo ihre Eier und Küken vor Räubern sicher sind.

Silbermöwen sind Allesfresser, sie fressen unter anderem Heringe, Makrelen Garnelen und Miesmuscheln.



**QUALLE**

Quallen können schwimmen, treiben aber gewöhnlich mit der Meeresströmung. Daher werden sie zum Zooplankton gezählt. Sie fangen ihre Beute mit ihren vier Tentakeln. Sie fressen Phytoplankton und Zooplankton (z. B. Ruderfußkrebse). Dornhaie und Kegelrobben zählen zu ihren Fressfeinden.



**MIESMUSCHEL**

Miesmuscheln sind zweischalige Weichtiere, die im Watt leben. Sie heften sich an Felsen oder aneinander und bilden große Muschelbänke. Sie sind Filtrierer, die von Phytoplankton und Zooplankton (wie etwa Ruderfußkrebse) leben. Ihre Fressfeinde sind Vögel wie z. B. Austernfischer und Silbermöwen.



**AUSTERNFISCHER**

Austernfischer sind im Wattenmeer weit verbreitet. Mit ihrem langen orangenen Schnabel können die Vögel die Schalen von Miesmuscheln öffnen und diese fressen.

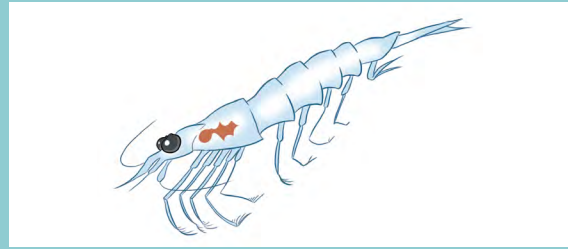


## NHRUNGSNETZ IN DER ANTARKTIS 1/2



**PHYTOPLANKTON**

Phytoplankton besteht aus mikroskopischen Organismen, die in der oberen von der Sonne bestrahlten Schicht des Ozeans treiben. Wie Pflanzen an Land betreibt Phytoplankton mithilfe von Sonnenlicht, Wasser, CO<sub>2</sub> und gelösten Mineralen Photosynthese und produziert organische Verbindungen. Phytoplankton ist ein Primärproduzent: Es bildet die Basis des Nahrungsnetzes.



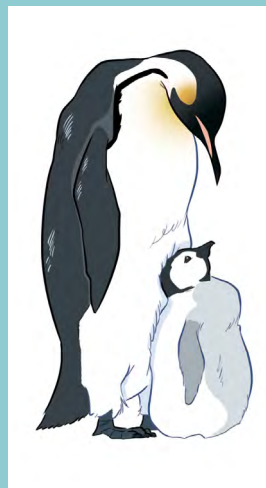
**KRILL**

Krill gehört zum Zooplankton – das sind kleine Tiere, die in der Meeresströmung treiben. Er kann einige Zentimeter lang sein und bis zu 2 g wiegen. Antarktischer Krill ist einer der am häufigsten vorkommenden Vielzeller der Welt (ca. 500 Millionen Tonnen). Krill ist ein Filtrierer – er filtert Phytoplankton aus dem Wasser. Krill dient dem gesamten Antarktischen Nahrungsnetz als Futter, außer dem Schwertwal.



**ANTARKTISCHER SEEHECHT**

Dieser antarktische Fisch lebt in einer Tiefe von 2000 m. Er frisst Krill und Tintenfische und wird von Robben und Pinguinen gefressen.



**KAISERPINGUIN**

Kaiserpinguine brüten im antarktischen Winter auf dem Packeis (eine Art Meereis). Die Weibchen legen ein einziges Ei, das die Eltern auf ihren Füßen warmhalten, während sie abwechselnd zum Fischen ins Meer gehen. Mit ihren länglichen, flossenartigen Flügeln (Pinguine fliegen nicht) können sie unter Wasser schwimmen. Sie fressen Krill, Tintenfische und Seehechte, und werden von Seeleoparden und Schwertwalen gefressen.



**ALBATROS**

Der Albatros ist ein Seevogel. Er hat die größte Flügelspannweite aller bekannten Vögel (sie kann über 3 m erreichen). Er nistet in Kolonien auf unbewohnten Inseln. Albatrosse fressen Tintenfische und Krill.

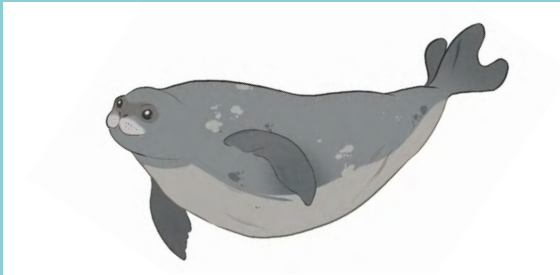


**TINTENFISCH**

Der Tintenfisch ist ein schnell wachsendes Schalentier. Er hat zehn Arme, von denen zwei länger sind und als Fangarme dienen. Tintenfische fressen Krill und werden von Robben, Schwertwalen, Albatrossen, Pinguinen und großen Fischarten wie z. B. Seehechten gefressen.



## NAHRUNGSNETZ IN DER ANTARKTIS 2/2



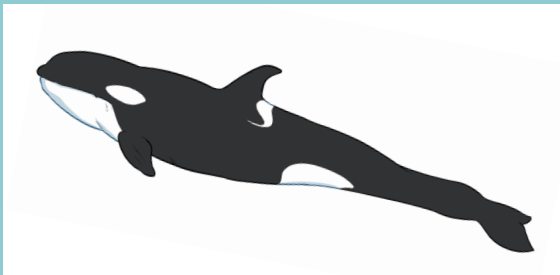
**WEDDELLROBBE**

Die Weddellrobbe ist zwischen 2 und 3 m lang und kann bis zu 20 Jahre alt werden. Sie kann sehr gut tauchen und auf der Suche nach Nahrung (Krill, Tintenfischen und Seehechten) über eine Stunde lang unter Wasser bleiben.



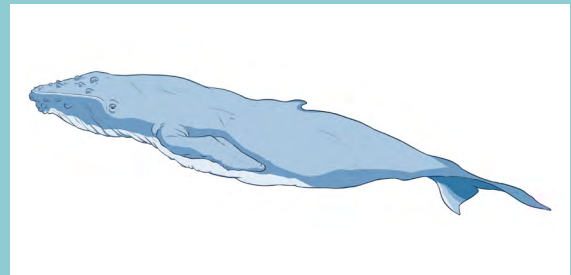
**SEELEOPARD**

Der Seeleopard ist ein mächtiges Raubtier. Er kann bis zu 4-5 m lang werden und über 500 kg wiegen. Er ist ein Einzelgänger und kann über 20 Jahre alt werden. Seeleoparden fressen Pinguine, Krill und Weddellrobben.



**SCHWERTWAL**

Der Schwertwal lebt in der Arktis und im südlichen Ozean und dringt bis in tropische Meere vor. Er ist ein sehr soziales Tier und lebt in Familienverbänden. Seine Jagdtechnik ist hochentwickelt. Schwertwale fressen große Tiere wie Robben, Wale, Tintenfische und Pinguine.



**BUCKELWAL**

Der Buckelwal wird 14-15 m lang und wiegt ca. 25 Tonnen. Er lebt in den Ozeanen der Welt und pflanzt sich in Äquatornähe fort. Im Sommer, wenn das Packeis schmilzt, wandert er in die Arktis oder Antarktis. Buckelwale fressen Krill und werden von Schwertwalen gefressen.

# UNTERRICHTSSTUNDE D3

## DER MENSCH, DER OZEAN UND DIE KRYOSPHÄRE

### FACH

Sozialwissenschaft / Bildende oder darstellende Kunst  
(für fortgeschrittene Schüler)

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 20 min
- ~ Durchführung: 2 Stunden

### ZUSAMMENFASSUNG

**Diese Unterrichtsstunde sollte an den lokalen Kontext der Schule angepasst werden.**

Über eine Literaturrecherche und/oder ein Kunstwerk, ein Theaterstück oder Ähnliches erfahren die Schüler, welche kulturelle Bedeutung der Ozean und die Kryosphäre für die Menschen hatten bzw. haben.

### KERNIDEEN

- ~ Die Ozeane und die Kryosphäre haben unsere Geschichte, Kultur und Wirtschaft beeinflusst und tun dies nach wie vor.
- ~ Vor der Verwendung von Kohle, Gas und Erdöl war Walöl (Tran) eine wichtige Energiequelle.
- ~ Die Polarforschung und der Walfang sind eng miteinander verbunden: Die Entdeckung von Spitzbergen und der Antarktis haben neue Gebiete für den Walfang eröffnet.
- ~ Die Zahl der Wale ist seither dramatisch gesunken, aber heute erholen sich die Bestände langsam wieder.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Walfang, Polarforschung, Wirtschaft, Walöl (Tran)

### FORSCHUNGSMETHODE

Dokumentenanalyse

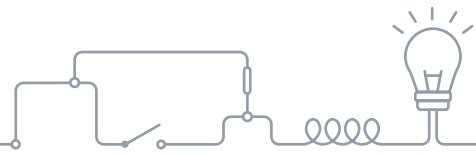
## VORBEREITUNG 20 MIN

### MATERIAL

- ARBEITSBLÄTTER D3.1, D3.2, D3.3
- ein sehr langes Stück Papier (für einen Zeitstrahl)
- Computer/Tablet/Smartphone mit Internetzugang
- eine Weltkarte

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Erstellen Sie eine Liste von Webseiten, die für die Literaturrecherche genutzt werden können (einen Vorschlag für eine solche Liste finden Sie weiter unten).



2. Drucken Sie die ARBEITSBLÄTTER D3.1, D3.2, D3.3, aus, ein Exemplar pro Schüler (oder pro Gruppe).

## EINFÜHRUNG 10 MIN

Fragen Sie die Schüler: *Welches waren vor Erdöl, Gas und Kohle die Hauptenergiequellen? Womit wurde vor Gas und Strom die Stadtbeleuchtung betrieben?* Die Antwort lautet: Walöl.

## DURCHFÜHRUNG 1 STUNDE 40 MIN

### TEIL 1 (50 MIN) – WALÖL

1. Berechnet die Anzahl von Walen, die täglich benötigt wurden, um im Jahr 1740 die 5000 Straßenlaternen in London zu betreiben, wenn
  - ein Pottwal ca. 30 Barrel Öl brachte (1 Barrel entspricht 158 Litern Öl);
  - eine Lampe ca. 2 Liter in 10 Stunden (= eine Nacht) benötigte.

Antwort: In London wurde ungefähr ein Wal pro Nacht „verbrannt“.

2. Bitten Sie die Schüler, eine Chronologie vom Walfang im Baskenland bis zum Walfang in der Antarktis und in Südgeorgien zu erstellen. Die Schüler können die Links aus dem ARBEITSBLATT D3.1 als Informationsquelle verwenden oder selber eine Internetrecherche durchführen.

3. Die Schüler sollten mithilfe der gesammelten Informationen den Zusammenhang zwischen der Erforschung der Arktis und der Antarktis und dem Walfang, sowie die damaligen Auswirkungen auf die Wirtschaft, hervorheben. Die Schüler können einen kleinen Text schreiben oder ein kleines Referat halten. Besprechen Sie mit den Schülern, wie verlässlich die unterschiedlichen Informationsquellen sind.



4. Mithilfe der ARBEITSBLÄTTER D3.2 und D3.3 können die Schüler die Fragen nach den neuen Seewegen beantworten, die sich durch das Schmelzen von Meereis in der Arktis eröffnet haben. Nachdem sich die Schüler mit den Fragen am Ende von ARBEITSBLATT D3.3 befasst haben, kann die Klasse darüber diskutieren, welche Ursachen und Auswirkungen das Öffnen dieser neuen Seewege ihrer Meinung nach hat.

### NACHBEARBEITUNG 10 MIN

Besprechen Sie mit den Schülern die Parallelen, die zwischen dem Verbrauch von Walöl und dem heutigen Verbrauch von fossilen Brennstoffen bestehen – es sind zwei Beispiele für die Ausbeutung von Rohstoffen. Auch die Suche nach neuen Seewegen ermöglicht letztendlich den Zugang zu neuen Ölfeldern. Es wird erwartet, dass es in der Arktis viele neue Ölfelder zu entdecken gibt, die allerdings momentan wegen ihrer Unzugänglichkeit für eine Erschließung zu teuer sind. Das wird sich jedoch mit dem schmelzenden Meereis ändern: Neue Seewege werden die Ölförderung in der Arktis erleichtern. Es werden also nicht nur maritime Transportunternehmen von dem schmelzenden Meereis profitieren, sondern auch Ölkonzerne.

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDEN

Zwischen dem 11. und 17. Jahrhundert hat die Erforschung der Meere die Weltwirtschaft stark beeinflusst. Zwischen dem 16. und 19. Jahrhundert war Holz der wichtigste Brennstoff, aber als Lampenöl wurde überwiegend Walöl, auch Tran genannt, verwendet. Walöl wurde auch zum Heizen und Kochen verwendet, für die Schmierung von hochwertigen Maschinen nahm man das Öl von Pottwalen und aus den Barten der Wale wurden Korsetts für Frauen hergestellt. Und Walfleisch war als Nahrung verbreitet.

Wegen des vielfältigen Nutzens wurden Wale intensiv gejagt, und ihre Bestände schrumpften bis in die frühen Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts rasant. Walfänger mussten weit weg von den europäischen Küsten nach neuen Walbeständen suchen, um die steigende Nachfrage nach Walöl zu befriedigen. Das neu entdeckte Spitzbergen (ein Teil des Svalbard-Archipels im nördlichen Norwegen), das für seine großen Walbestände bekannt war, hat damals viele Walfänger angezogen und zu Streit zwischen den Fischereifloten geführt, insbesondere zwischen niederländischen, britischen und französischen Fangbooten. Später haben der durch Überfischung bedingte Rückgang der arktischen Walbestände sowie die Erschließung neuer Territorien und polarer Gebiete Walfangflotten dazu getrieben, Orte wie Südgeorgien und die Antarktis aufzusuchen, wo sie wandernde Wale fangen konnten.

Heute hat der kommerzielle Walfang fast aufgehört, und die Walbestände erholen sich wieder.

Die Bedeutung von Produkten aus dem Walfang am Ende des 20. Jahrhunderts entspricht dem heutigen Verbrauch von fossilen Brennstoffen: Letztere sind in allen Bereichen unserer Gesellschaft weit verbreitet, unsere Wirtschaft ist stark davon abhängig und ... die Reserven sind endlich. Außerdem hat ihre Nutzung vielerlei Auswirkungen auf die Ökosysteme der Erde.



## ERFORSCHUNG DER POLE

- Wikipedia: Polarforschung (<https://de.wikipedia.org/wiki/Polarforschung>) und die Erforschung des Südpols (<https://de.wikipedia.org/wiki/Südpol#Erforschung>)
- Planet Wissen: Endstation Südpol (<https://www.planet-wissen.de/natur/polarregionen/suedpolarkreis/pwieendstationsuedpol100.html>) und Wirtschaftsregion Arktis – Chance oder Risiko? (<https://www.planet-wissen.de/natur/polarregionen/arktispwiewirtschaftsregionarktischanceoderrisiko100.html>)

## WALFANG UND WALÖL

- WWF – Wale und Delfine (<https://www.wwf.de/themen-projekte/bedrohte-tier-und-pflanzenarten/wale-und-delfine/>)
- Wikipedia: Walfang (<https://de.wikipedia.org/wiki/Walfang>), Tran (<https://de.wikipedia.org/wiki/Tran>) und Walrat (<https://de.wikipedia.org/wiki/Walrat>)
- Was ist was: Warum wurden und werden Wale gefangen? (<https://www.wasistwas.de/archiv-natur-tiere-details/die-frage-der-woche-warum-wurden-und-werden-wale-gefangen.html>)

## SCHIFFSROUTEN

- GEO: Arktis – Die Route der Atomeisbrecher (<https://www.geo.de/geo-tv/67111-rtkl-arktisdie-route-der-atomeisbrecher>)
- Wikipedia: Die Nordostpassage (<https://de.wikipedia.org/wiki/Nordostpassage>) und die Nordwestpassage (<https://de.wikipedia.org/wiki/Nordwestpassage>)



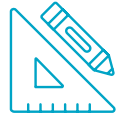
Die Abbildung unten zeigt ein Containerschiff. Containerschiffe sind Frachtschiffe, die ihre Ladung in Containern – jeder so groß wie ein Lastwagen – transportieren. Ein großer Teil der über das Meer transportierten Fracht wird mit Containerschiffen transportiert.



Beim Transport von Gütern zwischen Europa und Asien folgen große Containerschiffe im Moment dem roten Seeweg (der maritimen Seidenstraße) und legen dabei ca. 21 200 Kilometer in ungefähr 50 Tagen zurück.

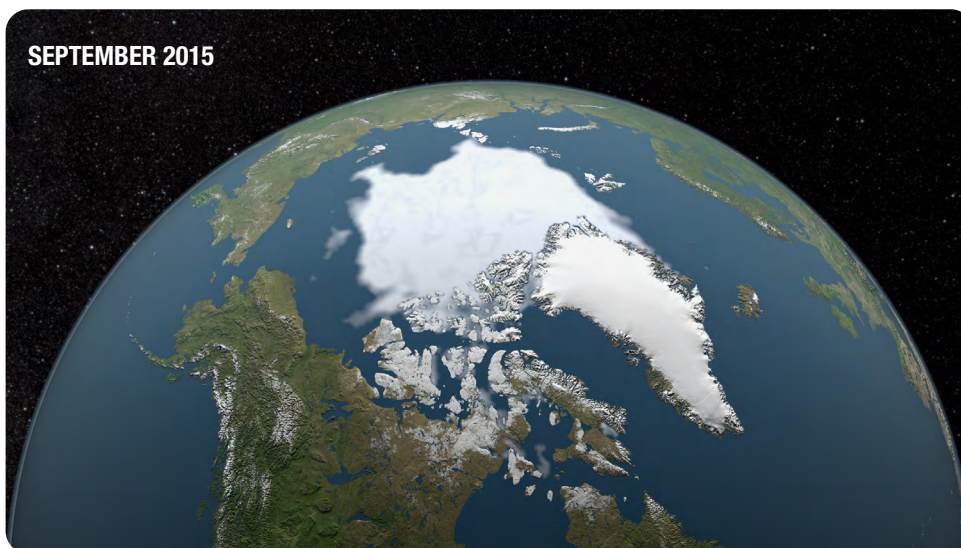
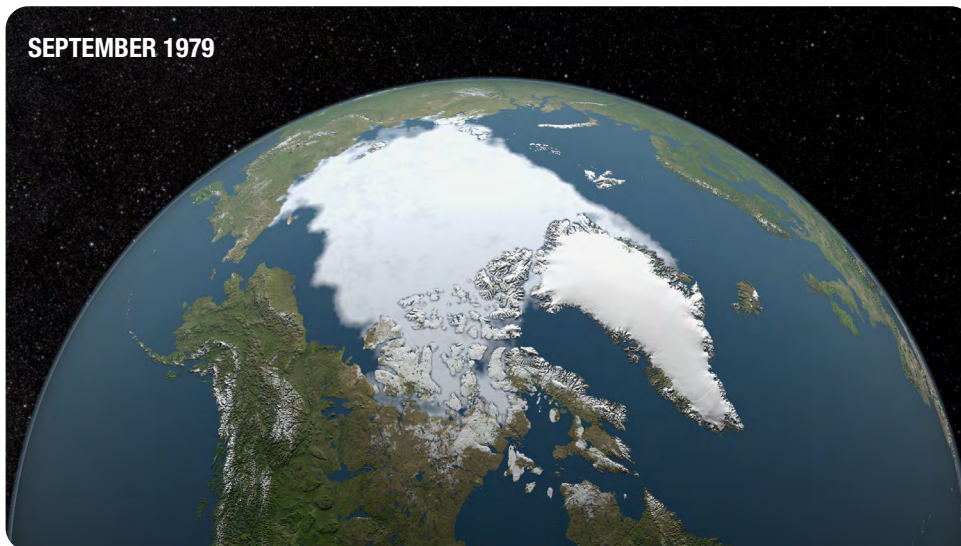
- Warum können sie nicht der blauen Route folgen (der Nordseeroute)? Sie ist nur etwa 14 062 Kilometer lang und die Reisezeit wäre zwei Wochen kürzer.





Diese beiden Bilder kennst du bereits aus einer früheren Unterrichtsstunde.

- ➔ Weißt du noch, was der Unterschied zwischen diesen zwei Bildern war?
- ➔ Kannst du die blaue Route aus dem letzten Bild in beide Bilder einzeichnen?
- ➔ Meinst du, dass große Containerschiffe 1979 die blaue Route entlangfahren konnten? Und 2015?



Quelle: NASA – <https://svs.gsfc.nasa.gov/4435>

Heute nehmen bereits einige Schiffe den nördlichen Seeweg, sie müssen aber in der Regel von teuren Eisbrechern begleitet werden (Eisbrecher sind sehr leistungsstarke Schiffe, die im Meereis eine Fahrrinne für nachfolgende Schiffe freibrechen). Da dies gefährlich und teuer ist, lassen nur wenige Schifffahrtsunternehmen ihre Schiffe entlang dieser Route fahren.

Für Containerschiffe war es bis vor kurzem fast unmöglich, den nördlichen Seeweg zu nehmen: Im September 2018 schaffte es schließlich die Venta Mærsk, ein Containerschiff „mit Eisklasse“, das für Fahrten durch von Eis bedeckte Gewässer konzipiert ist (siehe Abbildung auf dem ARBEITSBLATT D3.2): Sie war das erste Containerschiff, das die Nordostpassage durchfahren hat (die blaue Route), und sie war nur für ein paar Tage auf die Begleitung eines Eisbrechers angewiesen.

- ➔ Erkläre, weshalb es die Venta Mærsk 2018 fast ohne Hilfe eines Eisbrechers geschafft hat, die Nordostpassage zu durchfahren.
- ➔ Ist das deiner Meinung nach gut oder schlecht? Begründe deine Antwort.
- ➔ Erkläre, wer deiner Meinung nach am meisten von dem neuen Seeweg profitieren wird.

## ABSCHNITT E

# WAS KÖNNEN WIR TUN?

Wenn die Schüler die Folgen des Klimawandels für die Ozeane und die Kryosphäre verstanden haben und ihnen das, was wirklich auf dem Spiel steht, bewusst geworden ist, fehlt nur noch eines: Sie müssen akzeptieren, dass wir Menschen für das, was passiert, verantwortlich sind. Dies ist das Ziel dieses letzten Abschnitts, bevor es zu den „Wir handeln“-Projekten geht. Die Schüler sollen untersuchen, wie sie, ihre Familie und ihr Land zum Klimawandel beitragen und wie exponiert (vulnerabel) sie sind. Sie lernen etwas über die sozialen Ungleichheiten im

Kontext des Klimawandels und über Klimagerechtigkeit. Und schließlich entdecken sie, dass es schon viele Menschen an vielen Orten der Erde gibt, die aktiv werden, um Klimaschutz zu betreiben oder/und um Anpassungsmaßnahmen umzusetzen. Anschließend beschließen sie, was sie selbst tun können und wollen. Dieser Abschnitt ist stark in den Sozialwissenschaften verankert und soll Schüler dazu bringen, über die ökologischen und Selbsterhaltungsaspekte des Klimawandels hinaus zu denken.

### LISTE DER UNTERRICHTSSTUNDEN

Kernunterrichtsstunden

Optionale Unterrichtsstunden

<input type="radio"/>	<b>E1</b>	<b>Unser CO<sub>2</sub>-Fußabdruck</b> Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften Mithilfe eines CO <sub>2</sub> -Rechners ermitteln die Schüler ihren CO <sub>2</sub> -Fußabdruck und überlegen, was sie tun können, um ihn zu verkleinern.	Seite 133
<input type="radio"/>	<b>E2</b>	<b>Klimagerechtigkeit: Debatte</b> Sozialwissenschaften (für fortgeschrittene Schüler) Die Schüler diskutieren über Fragen der Klimagerechtigkeit.	Seite 136
<input checked="" type="radio"/>	<b>E3</b>	<b>Klimagerechtigkeit: Rollenspiel</b> Sozialwissenschaften Mit einem Rollenspiel erkunden die Schüler die Ungleichheit zwischen den Ländern in Bezug auf Wohlstand und Treibhausgasemissionen. Mit einem weiteren Rollenspiel stellen sie fest, dass die Vulnerabilität nicht in allen Ländern gleich groß ist: Die Menschen, die am meisten vom Klimawandel betroffen sind, sind nicht immer diejenigen, die am meisten zum Klimawandel beitragen.	Seite 140
<input checked="" type="radio"/>	<b>E4</b>	<b>Weltweite Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel und zum Klimaschutz</b> Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften Die Schüler stellen fest, dass es viele Möglichkeiten gibt, sich mit dem Klimawandel auseinanderzusetzen. Man kann Maßnahmen ergreifen, um sich an den Klimawandel anzupassen oder um das Klima zu schützen. Viele Menschen und Organisationen sind bereits aktiv. Die Schüler wählen ein Anpassungs- oder Klimaschutzprojekt aus, das sie selbst durchführen können.	Seite 148

# UNTERRICHTSSTUNDE E1

## BERECHNUNG UNSERES CO<sub>2</sub>-FUSSABDRUCKS

### FACH

Sozialwissenschaften/Naturwissenschaft

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 10 min
- ~ Durchführung: 2 Stunden

### ZUSAMMENFASSUNG

Mithilfe eines CO<sub>2</sub>-Rechners ermitteln die Schüler ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck und überlegen, was sie tun können, um ihn zu verkleinern.

### KERNIDEEN

- ~ Jeder von uns hat einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Wir können dazu beitragen, das Klima zu schützen, wenn wir unsere eigenen Treibhausgasemissionen verringern.
- ~ Jedes Land bzw. jede Person hat einen eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

CO<sub>2</sub>-Fußabdruck; Treibhausgasemissionen

### FORSCHUNGSMETHODE

Datenerhebung



### → TIPP FÜR LEHRENDE

Wenn die Schüler anschließend ein Projekt zum Klimaschutz machen wollen (siehe Teil 2 dieses Handbuchs), sollten Sie diese Unterrichtsstunde unbedingt durchführen. Sie ist aber auch bei einem Anpassungsprojekt nützlich. Sie ist besonders für Klassen in Industrieländern geeignet, wo der CO<sub>2</sub>-Ausstoß viel höher ist als in Entwicklungsländern.

## EINFÜHRUNG 10 MIN

Wenn wir unseren Treibhausgasemissionen effektiv verringern wollen, müssen wir wissen, welche Verhaltensweisen in unserem täglichen Leben am meisten Treibhausgase verursachen. Dazu müssen wir unseren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck berechnen.

## DURCHFÜHRUNG 30 MIN

Als Einstieg können Sie das **ARBEITSBLATT E1.1** verwenden, um mit den Schülern zu diskutieren, welche Treibhausgasmengen ihrer Meinung nach durch unser Alltagsverhalten ausgestoßen werden. Da diese Aufgabenart für die Schüler vermutlich neu ist, können Sie eventuell ein Beispiel bringen: Ein Auto stößt im Durchschnitt etwa 20 kg CO<sub>2</sub> e pro Passagier und pro 100 km aus.

1. Erklären Sie, welchen Zweck diese Übung hat und warum es wichtig ist, alle Fragen ehrlich zu beantworten. Es ist kein Wettkampf, wer die geringsten Emissionen verursacht, sondern ein Hilfsmittel, um herausfinden, was für Maßnahmen man zur Verringerung der Emissionen ergreifen könnte.

2. Die Schüler sollen das Onlineformular ausfüllen und innerhalb ihrer Gruppe diskutieren.

3. Anschließend vergleichen die Gruppen ihre Ergebnisse und diskutieren, was unternommen werden könnte, um den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck der Schüler, der Schule, der Familien usw. zu verkleinern. Geben Sie jedem Schüler das **ARBEITSBLATT E1.1**, damit sie es mit nach Hause nehmen und dort mit Familie und Freunden besprechen können.

## VORBEREITUNG 10 MIN

### MATERIAL

- **ARBEITSBLATT E1.1** und/oder ein Online-CO<sub>2</sub>-Rechner
- Computer (mindestens einen für zwei Schüler)

**Multimedia:** CO<sub>2</sub>-Rechner, siehe [Seite 187](#).

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Drucken Sie das **ARBEITSBLATT E1.1** (ein Exemplar für jeden Schüler).
2. Der vom OCE entwickelte CO<sub>2</sub>-Rechner kann sowohl online als auch offline verwendet werden (man kann ihn von der OCE-Webseite herunterladen). Wenn es in der Schule keine Computer gibt, kann diese Unterrichtsstunde auch als „analoge“ Aktivität (mit einer ausgedruckten Tabelle) oder zu Hause (wenn die Schüler dort Internetzugang haben) durchgeführt werden.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Bedenken Sie, dass die Werte von Treibhausgasemissionen in dieser Unterrichtsstunde lediglich Richtwerte sind, da sie von vielen Faktoren abhängen, wie etwa dem Land, der Person und ihrem persönlichen Verhalten usw. Einige CO<sub>2</sub>-Rechner:

- Deutschland: CO<sub>2</sub>-Rechner des Umweltbundesamtes: [uba.co2-rechner.de](http://uba.co2-rechner.de)
- Österreich: CO<sub>2</sub>-Rechner des FORUM Umweltbildung: [www.co2-rechner.at](http://www.co2-rechner.at)
- Schweiz: CO<sub>2</sub>-Rechner des WWF: [www.wwf.ch](http://www.wwf.ch)

## NACHBEARBEITUNG 20 MIN

Vergleichen Sie den durchschnittlichen pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Fußabdruck in der Klasse mit dem pro-Kopf-CO<sub>2</sub>-Fußabdruck anderer Länder. Diskutieren Sie, warum der weltweite CO<sub>2</sub>-Ausstoß verringert werden muss und warum es wichtig ist, dass die Länder, die viel CO<sub>2</sub> ausstoßen, verstärkt Maßnahmen zur Verringerung der Emissionen ergreifen sollten, während Länder mit geringerem CO<sub>2</sub>-Ausstoß den Schwerpunkt eher auf Anpassung legen sollten.

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck berücksichtigt nur einen von vielen Aspekten, wie wir auf unsere Umwelt einwirken. Den Schülern sollte klar sein, dass unser Konsumverhalten auch noch andere Umweltprobleme zur Folge hat. Diese Aspekte sollten natürlich berücksichtigt werden, wenn die Schüler versuchen, ihren CO<sub>2</sub>-Fußabdruck zu verkleinern. Ein Beispiel aus dem Supermarkt: Wurden bei der Herstellung eines bestimmten Lebensmittels oder Produktes Bäume gerodet oder Schadstoffe freigesetzt? Hat der Landwirt einen fairen Preis erhalten?

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Ein CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist definiert als die gesamte Menge an CO<sub>2</sub> und anderen Treibhausgasen, die von einer Person, einem Land, einer Aktivität oder einem Produkt emittiert wird. Die Menge wird in Kilogramm CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub> e) angegeben.

CO<sub>2</sub> e ist eine Maßeinheit, die auf dem Treibhauspotenzial eines Treibhausgases beruht (siehe Hintergrundinformationen für Lehrende in der Unterrichtsstunde B3). Die verschiedenen Treibhausgase tragen unterschiedlich viel zur Erderwärmung bei. Wie stark ein Treibhausgas zur Erwärmung beiträgt, wird also durch die Menge an CO<sub>2</sub> ausgedrückt, die zur gleichen Erderwärmung führen würde.

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck eines Produktes beispielsweise ist ein Maß für die Menge sämtlicher Treibhausgase, die während des Lebenszyklus des Produkts entstehen – bei der Produktion, dem Transport, der Nutzung und der Entsorgung/dem Recycling.

Das Ermitteln des Fußabdrucks hilft den Schülern herauszufinden, welche ihrer Aktivitäten am meisten CO<sub>2</sub> e verursachen und infolgedessen, welche am kritischsten unter die Lupe genommen werden sollten. Anstatt zu versuchen exakte Werte zu ermitteln, ist es sinnvoller, eine ungefähre Schätzung ihrer relativen Größe zu bekommen. So findet man heraus, was am meisten zum CO<sub>2</sub>-Fußabdruck beiträgt. Auf den Seiten 20-22 des wissenschaftlichen Überblicks gibt es einige Tipps, wie man den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck reduzieren kann.



## DURCHSCHNITTLICHE CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN

### COMPUTER<sup>1</sup>

- Ein Desktop-Computer, der 8 Stunden am Tag läuft, verursacht 175 kg CO<sub>2</sub>/Jahr.
- Ein Laptop, der 8 Stunden pro Tag läuft, verursacht 44-88 kg CO<sub>2</sub>/Jahr.
- Ein Computer im Stand-by-Modus verbraucht 1/3 der Energie eines eingeschalteten Computers.

### INTERNET<sup>2, 3</sup>

- Eine E-Mail mit einem 1 MB großen Anhang verursacht 20 g CO<sub>2</sub>, so viel wie eine 10-Watt-LED, die 2,5 Stunden lang brennt.
- Eine E-Mail (nur Text, ohne Anhang) verursacht 4 g CO<sub>2</sub>.
- Eine Textnachricht über das Telefonnetz (SMS) verursacht 0,002 g CO<sub>2</sub>.
- Eine Textnachricht über das Internet (soziale Medien) verursacht 4 g CO<sub>2</sub>.
- Ein Internetnutzer verursacht mit durchschnittlich 2,6 Suchanfragen am Tag ca. 10 kg CO<sub>2</sub>/Jahr.

### TRANSPORT<sup>4</sup>

- Ein Auto verursacht 14,7 kg CO<sub>2</sub> pro 100 km pro Person.
- Ein Flugzeug (Inland) verursacht 23,0 kg CO<sub>2</sub> pro 100 km pro Person.
- Ein Fernlinienbus verursacht 2,9 kg CO<sub>2</sub> pro 100 km pro Person.
- Ein Zug (Nahverkehr) verursacht 5,7 kg CO<sub>2</sub> pro 100 km pro Person.
- Ein Zug (Fernverkehr) verursacht 3,2 kg CO<sub>2</sub> pro 100 km pro Person.

### ESSEN<sup>5</sup>

- 1 kg Rindfleisch verursacht 12,3 kg CO<sub>2</sub>.
- 1 kg Hähnchen verursacht 3,7 kg CO<sub>2</sub>.
- 1 kg Butter verursacht 9,2 kg CO<sub>2</sub>.
- 1 kg Brot verursacht 0,60 kg CO<sub>2</sub>.
- 1 kg Nudeln verursacht 0,46 kg CO<sub>2</sub>.
- 1 kg Kartoffeln verursacht 0,40 kg CO<sub>2</sub>.
- 1 kg Kirschtomaten verursacht 0,91 kg CO<sub>2</sub>.

### 1 TONNE CO<sub>2</sub> ENTSPRICHT<sup>6</sup>

- 1 Flug für eine Person von Peking (China) nach Moskau (Russland).
- 3 Hin- und Rückflüge für eine Person zwischen Buenos Aires und Córdoba (Argentinien).
- 5000 km Autofahrt (bei einem Verbrauch von 5 Liter Benzin pro 100 km).
- dem durchschnittlichen Heizenergiebedarf einer Person in der Schweiz während eines Jahres (4-Personen-Haushalt, Haus zwischen 1980 und 1990 gebaut, Erdgas-Heizung, beheizte Fläche: 85 m<sup>2</sup>).
- Man muss etwa 20 Bäume pflanzen (die im Schnitt 15 Jahre leben), um der Luft 1 Tonne CO<sub>2</sub> zu entziehen (die genaue Zahl hängt von vielen Faktoren ab; in den Tropen wachsen Bäume schneller und nehmen mehr CO<sub>2</sub> auf).

Anmerkung: Der Einfachheit halber werden Kohlenstoffemissionen hier in kg CO<sub>2</sub> ausgedrückt. Wissenschaftler messen Kohlenstoffemissionen in CO<sub>2</sub> e. Dabei wird das Treibhauspotenzial von CO<sub>2</sub> und anderer Treibhausgase berücksichtigt.

1 Quelle: <https://www.energuide.be/en/questions-answers/how-much-power-does-a-computer-use-and-how-much-co2-does-that-represent/54/>.

2 Quelle: <https://www.energuide.be/en/questions-answers/do-i-emit-co2-when-i-surf-the-internet/69/>.

3 How bad are bananas? The carbon footprint of everything, Mike Berners-Lee

4 Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/bild/vergleich-der-durchschnittlichen-emissionen-0>; die Werte gelten für eine durchschnittliche Auslastung (2018).

5 Quelle: [https://www.klimatarier.com/de/CO2\\_Rechner](https://www.klimatarier.com/de/CO2_Rechner)

6 Quellen: <https://co2.myclimate.org/> und <https://ecosia.zendes.com/hc/de/articles/201531072-Wie-neutralisiert-Ecosia-die-durch-eine-Suchanfrage-entstandenen-CO2-Emissionen>



# UNTERRICHTSSTUNDE E2

## KLIMAGERECHTIGKEIT: DEBATTE

### MATERIAS PRINCIPALES

Sozialwissenschaft (für fortgeschrittene Schüler)

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 1 Stunde
- ~ Durchführung: 1 Stunde 30 min

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler diskutieren über Fragen der Klimagerechtigkeit.

### KERNIDEEN

- ~ Nicht alle Länder stoßen gleich viel Treibhausgase aus, und es sind nicht alle Länder gleichermaßen vom Klimawandel betroffen.
- ~ Die reichsten Länder verursachen die größten Mengen an Treibhausgasen.
- ~ Der Klimawandel verschärft Dürren, Stürme und Überschwemmungen. Menschen in Entwicklungsländern, die den Klimawandel am wenigsten zu verantworten haben, sind besonders häufig von solchen extremen Ereignissen betroffen.
- ~ Die Mehrheit der Weltbevölkerung lebt in sich schnell entwickelnden Ländern. Das wird sich auf die Treibhausgasemissionen auswirken.
- ~ Es gibt ein wachsendes Bewusstsein dafür, dass dringend und auf breiter Front gehandelt werden muss, damit der Klimawandel gebremst wird, und die Menschen, die am meisten gefährdet sind, geschützt werden.
- ~ Die Wissenschaft kann die Ursachen und Mechanismen des Klimawandels erklären, aber es liegt an jedem einzelnen Bürger und an den Gesetzgebungen der Länder, sich für mehr Klimaschutz stark zu machen.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Verantwortung, Vulnerabilität, Ungleichheit, Klimagerechtigkeit

### FORSCHUNGSMETHODE

Debatte

## VORBEREITUNG 1 STUNDE

### MATERIAL

- Dokumente zur gewählten Fragestellung (siehe Punkt 3 der Durchführung)
- Audioaufnahmegerät
- Ein „Redestab“

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

1. Sammeln Sie Dokumente zum gewählten Thema.
2. Machen Sie einen Stuhlkreis ohne Tische.



### → TIPP FÜR LEHRENDE

In dieser Unterrichtsstunde soll eine philosophische Diskussion durchgeführt werden.

Um die Diskussion unter den Schülern nicht zu beeinflussen, sollten Sie idealerweise bei dieser Art von Unterricht so wenig wie möglich ins Geschehen eingreifen. Die Schüler müssen nicht zu einer bestimmten Schlussfolgerung kommen, ebensowenig müssen sie beurteilen, ob etwas richtig oder falsch ist. Den Schülern soll vielmehr die Schwierigkeit der Dilemmas bewusst werden, mit denen unsere Gesellschaft konfrontiert ist. Die Gedanken und Ideen der Schüler sollten auf der Wissenschaft (und auf Fakten) basieren. Allerdings sind es moralische oder ethische Werte, die es jeder einzelnen Person erlauben, sich eine eigene Meinung zu bilden.

Während der Debatte sollte jeder freie seine Meinung äußern können. Die Frage, mit der die Debatte eröffnet wird, sollte den Kontext vor Ort, aktuelle Ereignisse usw. berücksichtigen. Die vorgeschlagenen Fragen dienen lediglich als Beispiele.

## EINFÜHRUNG 10 MIN

Die Schüler haben inzwischen einiges über den Treibhauseffekt und die Auswirkungen des Klimawandels gelernt. Sie haben gesehen, dass sich der Klimawandel auf viele der für uns lebensnotwendigen Ökosystemdienstleistungen auswirkt. Nun sollen sie über die möglichen Konsequenzen hinsichtlich der sozialen Gerechtigkeit nachdenken.

## DURCHFÜHRUNG 1 STUNDE 10 MIN

1. Die Schüler sitzen in einem Kreis. Der Lehrer bleibt außerhalb des Kreises.
2. Der Lehrer erläutert die Regeln einer philosophischen Diskussion:
  - Es gibt einen „Redestab“, der von Schüler zu Schüler gereicht wird. Jeder Schüler hat das Recht, zu sagen, was immer er oder sie über das Diskussionsthema denkt, allerdings nur dann, wenn er oder sie den Redestab in der Hand hält.
  - Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten.
  - Man wartet, bis man den Redestab in der Hand hält, bevor man etwas sagt.

- Niemand darf den Sprecher beurteilen oder sich über ihn lustig machen. Jeder hört den anderen zu und respektiert deren Ideen.
- Niemand wird gezwungen zu reden, wenn er an der Reihe ist. Ein Schüler kann den Redestab einfach weiterreichen, wenn er nicht reden möchte.
- Sie können die Antworten aufnehmen.

3. Bitten Sie die Schüler, über eine der folgenden Fragen nachzudenken (wählen Sie nur eine Frage aus – diejenige, die Ihnen für die Klasse am relevantesten erscheint):

- *Sollten wir in unserem Land Klimaflüchtlinge aus anderen Ländern aufnehmen?*
- *Sollten Industriestaaten mehr für den Klimaschutz bezahlen als Entwicklungsländer, obwohl einige Entwicklungsländer heute mehr Treibhausgase ausstoßen?*
- *Warum sollten wir handeln? Ist es nicht eher die Pflicht der Regierungen (oder der Industrie), etwas zu tun?*
- *Sollten die Kosten für mehr Klimaschutz von denen getragen werden, die den Klimawandel am meisten zu verantworten haben, oder von denen, die am meisten von den Maßnahmen zur Bekämpfung der Auswirkungen des Klimawandels profitieren?*
- *Was ist besser, wenn man den ärmsten Ländern helfen will: Gegen den Klimawandel ankämpfen oder weiterhin für ein größtmögliches wirtschaftliches Wachstum sorgen?*
- *Warum sollten wir uns bemühen, wenn andere (Länder, Menschen) nicht bereit sind, sich zu bemühen?*
- *Der Kampf gegen den Klimawandel impliziert drastische Veränderungen unserer Lebensweise. Werden diese drastischen Maßnahmen nicht noch größere soziale Probleme verursachen?*
- *Warum sollten wir für die Folgen der Handlungen unserer Eltern und Großeltern bezahlen?*

4. Geben Sie den Redestab nach ein paar Minuten einem beliebigen Schüler und bitten Sie ihn, seine Gedanken zur gestellten Frage zu äußern. Der Redestab wandert dann der Reihe nach weiter. Wenn er zum ersten Schüler zurückkommt, fragen Sie die Schüler, die nicht gesprochen haben, ob sie jetzt etwas sagen wollen. Halten Sie zum Schluss die Audioaufnahme an.

5. Fragen Sie die Schüler, ob sie kommentieren möchten, wie die philosophische Diskussion ihrer Meinung nach verlief. *Wurde jeder gehört und respektiert? War es schwierig? Waren die Meinungen interessant?*

6. Spielen Sie den Schülern die Audioaufnahme vor. Die Schüler sollen anschließend alle Pros und Contras benennen. Schreiben Sie diese an die Tafel.

7. Teilen Sie den Schülern die vorbereiteten Dokumente aus. *Welche in den Dokumenten angeführten Argumente sprechen für oder gegen die einzelnen Standpunkte der Diskussion?*

## NACHBEARBEITUNG 10 MIN

Fragen Sie die Schüler zum Abschluss: *Ihr habt jetzt einiges darüber gelernt, wer mehr für den Klimawandel verantwortlich ist und wer mehr von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen ist. Was meint ihr: Ist der Klimawandel „fair“?* Die Klasse sollte über die Fragen des Wohlstands, der Treibhausgasemissionen und der unterschiedlichen Exposition und Vulnerabilität diskutieren. (Die reichsten Länder emittieren am meisten CO<sub>2</sub> pro Kopf, sind aber den Auswirkungen des Klimawandels weniger ausgesetzt und von den Folgen weniger betroffen. Das liegt an ihrer geografischen Lage und an den Mitteln, die sie zur Verfügung haben, um den Auswirkungen des Klimawandels zu begegnen.)

### HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Die derzeitigen **Treibhausgasemissionen sind ungleich zwischen den Ländern verteilt**. 2018 stammten 58% der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus China (28%), den USA (15%), der EU (8%) und Indien (7%)<sup>1</sup>. Betrachtet man die CO<sub>2</sub>-Emissionen per capita (d. h. pro Kopf, also pro Person) ist die Reihenfolge anders: USA 17,0 Tonnen per capita, China und EU 7,0 Tonnen per capita, und Indien 2,0 Tonnen per capita. Dies erklärt sich so: China verursacht zwar absolut gesehen die meisten Emissionen, ist aber (etwas gleichauf mit Indien) das bevölkerungsreichste Land der Erde. China hat etwa vier Mal mehr Einwohner als die USA. Und daher sind Chinas CO<sub>2</sub>-Emissionen per capita niedriger als die der USA. Das bedeutet, dass jeder Einwohner der USA durchschnittlich mehr als doppelt so viel CO<sub>2</sub> ausstößt wie jeder Einwohner Chinas.

In der Vergangenheit haben entwickelte Länder stark zur heutigen CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre beigetragen: Zwischen 1880 und 1980 haben die USA und Europa jeweils 30% zu den durch die Verbrennung fossiler Energieträger verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen beigetra-

[...]

<sup>1</sup> Quelle: <http://www.globalcarbonatlas.org/en/CO2-emissions>

[...] gen. Noch heute sind die entwickelten Länder die größten Treibhausgasemittenten. Der Anstieg des Beitrags aus Asien (China und Indien) beginnt erst ungefähr im Jahr 2000 – mit der Industrialisierung und dem demografischen Wachstum dieser beiden bevölkerungsreichen Länder.

Nicht alle Länder tragen gleich viel zu den weltweiten Treibhausgasemissionen bei, und nicht alle Länder sind von den Folgen des Klimawandels gleichermaßen betroffen. Häufig sind diejenigen, die am meisten betroffen sind, nicht diejenigen, die am meisten für die Emissionen verantwortlich sind (für weitere Informationen zu Exposition und Vulnerabilität siehe die Seiten 18-23 des wissenschaftlichen Überblicks).

Will man sichergehen, dass eine Maßnahme **klimagerecht** ist, müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. Sind die Industrieländer – die ihren Wohlstand auf der Verbrennung fossiler Energieträger gegründet haben und es noch tun – für die Schäden, die in ärmeren Ländern infolge des Klimawandels entstehen, verantwortlich? Will man zum Beispiel eine CO<sub>2</sub>-Steuer zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen einführen (z. B. beim Kauf eines Autos mit Benzinmotor), wie kann man dann sicherstellen, dass sich die Lebensbedingungen der ärmeren Bevölkerung nicht weiter verschlechtern? Die Energienachfrage in Entwicklungsländern wächst: Wenn dort anstatt herkömmlicher Kraft-

werke moderne CO<sub>2</sub>-neutrale Kraftwerke gebaut werden, wer soll dann die Mehrkosten tragen?

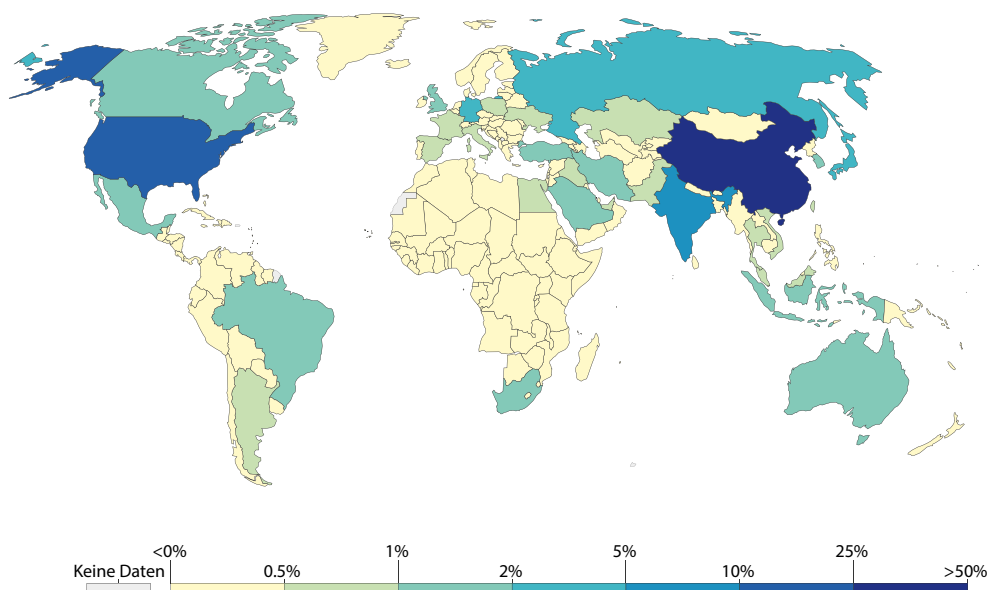
Estas preguntas, y la búsqueda de soluciones, ilustran la complejidad del sistema de la Tierra, que en la era humana incluye a las sociedades humanas. Casi todo es interdependiente de todo lo demás: una acción puede tener una retroalimentación cero o negativa, pero también una retroalimentación positiva, lo que empeora la situación general.

Diese Fragen sowie die Suche nach Lösungen zeigen die ganze Komplexität unserer globalen Welt. Es hängt fast alles mit allem zusammen, eine Handlung oder Maßnahme kann entweder keine oder negative oder positive Rückkopplungen haben, mit entsprechenden Auswirkungen auf die gesamte Situation.

Die Wissenschaft kann und muss Fakten und Beweise liefern, Zukunftsprognosen verbessern, die Wahrscheinlichkeit abschätzen, mit der ein bestimmtes Ereignis eintritt, sowie ihr Bestes geben, damit rationale Rückschlüsse gezogen werden können, die jeder nachvollziehen kann. **Die Wissenschaft allein kann jedoch weder Maßnahmen und Regeln vorschreiben, noch sagen, was gerecht ist, noch mit Sicherheit beweisen, dass globale Solidarität zu mehr Gerechtigkeit führt.** Es sind letztendlich **die ethischen und moralischen Werte des Einzelnen und der Gesellschaft, die bei solch komplexen und globalen Fragen die Meinungsbildung und die zu treffenden Entscheidungen bestimmen.** [...]

### BEITRAG DER EINZELNEN LÄNDER (IN %) ZU DEN GESAMTEN CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN IN 2017

Der prozentuale Anteil eines Landes an den CO<sub>2</sub>-Emissionen wird ermittelt, indem die Emissionen dieses Landes durch die Summe der Emissionen aller Länder geteilt werden. Zu den weltweiten Emissionen wird auch noch der internationale Flug- und Schiffsverkehr hinzugezählt.

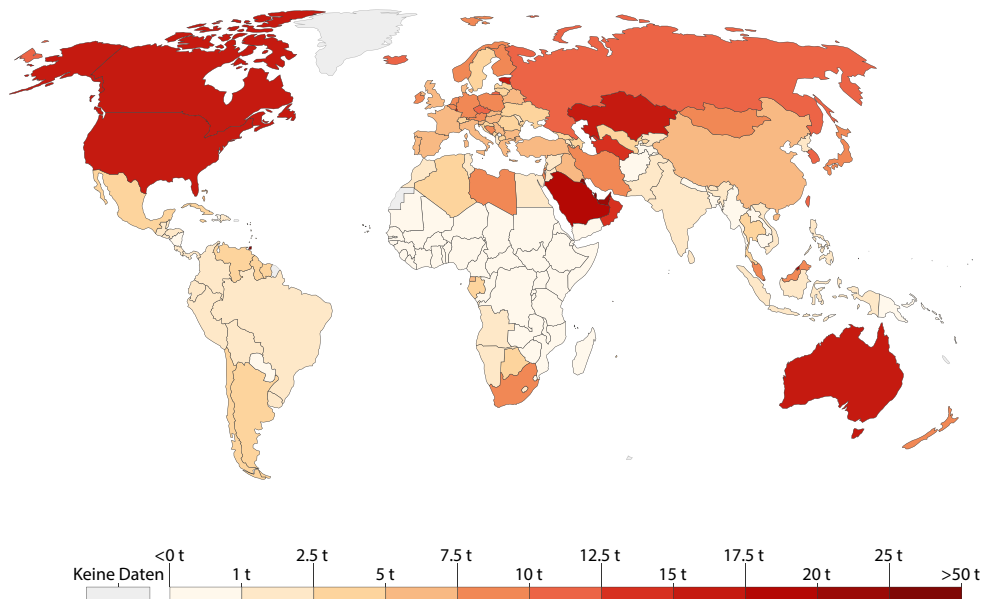


Quelle: Our World in Data basierend auf dem Global Carbon Project. [http://OurWorldInData.org/co<sub>2</sub>-and-other-greenhouse-gas-emissions](http://OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions)

[...]

### CO<sub>2</sub>-EMISSION PER CAPITA IN 2017

Durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Emission pro Kopf in Tonnen pro Jahr

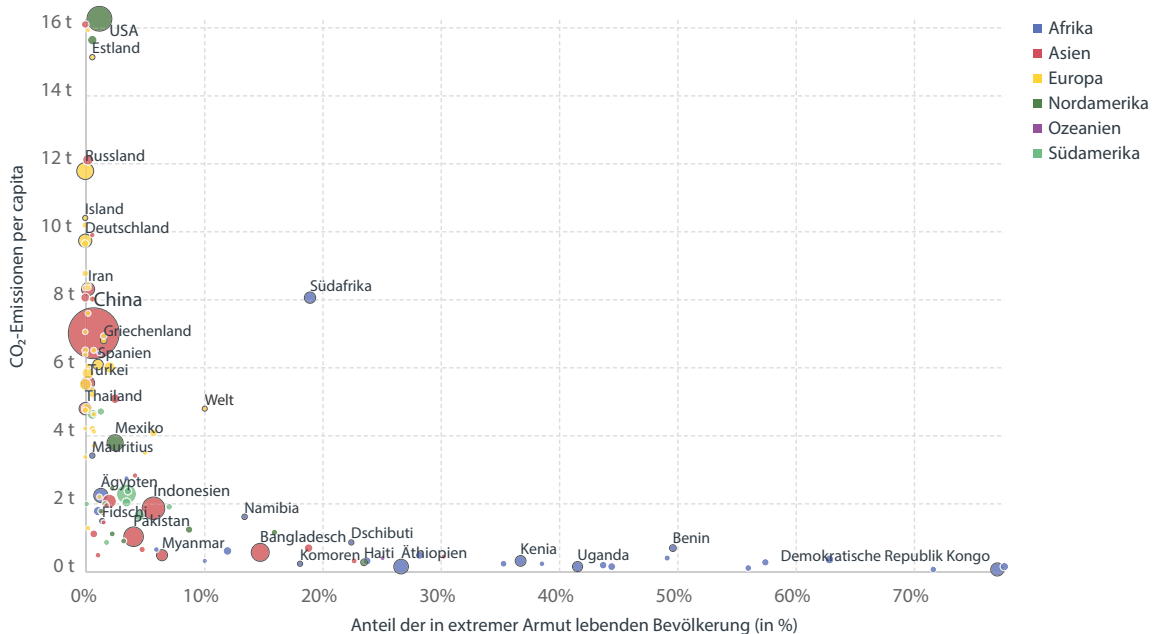


Quelle: Our World in Data basierend auf Daten des Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); Global Carbon Project; Gapminder & UNO. <http://OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

### CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN PER CAPITA AUFGETRAGEN ÜBER DEM ANTEIL DER MENSCHEN, DIE IN EXTREMER ARMUT LEBEN (2017)

CO<sub>2</sub>-Emissionen per capita  
Anteil der Bevölkerung, der in extremer Armut lebt (in %)

Die durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen per capita werden in Tonnen pro Jahr (t/Jahr) gemessen. Von extremer Armut spricht man, wenn jemand mit weniger als 1,90 „internationale Dollar“ pro Tag auskommen muss. Internationale Dollar berücksichtigen Preisunterschiede in den verschiedenen Ländern und Preisänderungen über die Zeit (Inflation).



Quelle: Global Carbon Project, World Bank, Gapminder & UNO. <http://OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

# UNTERRICHTSSTUNDE E3

## KLIMAGERECHTIGKEIT 1: ROLLENSPIEL

### MATERIAS PRINCIPALES

Sozialwissenschaft

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 15 min
- ~ Durchführung: 2 Stunden

### ZUSAMMENFASSUNG

Mit einem Rollenspiel erkunden die Schüler die Ungleichheiten zwischen den Ländern in Bezug auf Wohlstand und Treibhausgasemissionen. Mit einem weiteren Rollenspiel stellen sie fest, dass die Vulnerabilität nicht in allen Ländern gleich groß ist: Die Menschen, die am meisten vom Klimawandel bedroht sind, sind nicht immer diejenigen, die am meisten zum Klimawandel beitragen.

### KERNIDEEN

- ~ Die Länder emittieren nicht alle gleich große Mengen an Treibhausgasen. Auch die Bedrohung durch die Auswirkungen des Klimawandels ist nicht für alle Länder gleich groß.
- ~ Die reichsten Länder verursachen die meisten Treibhausgasemissionen.
- ~ Dürren, Stürme und Überschwemmungen werden durch den Klimawandel schlimmer und betreffen vor allem Menschen in Entwicklungsländern. Diese haben jedoch am wenigsten zum Klimawandel beigetragen.
- ~ Die Mehrheit der Menschen auf der Erde lebt in sich schnell entwickelnden Ländern. Das wird sich auf die künftigen Treibhausgasemissionen auswirken.
- ~ Es gibt ein wachsendes Bewusstsein dafür, dass dringend und auf breiter Front gehandelt werden muss, damit der Klimawandel gebremst und all jene, die am meisten gefährdet sind, geschützt werden können.
- ~ Die Wissenschaft kann die Ursachen und Mechanismen des Klimawandels erklären, aber es liegt an jedem einzelnen Bürger und an der Gesetzgebung der Länder, die richtigen Maßnahmen zu treffen.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Klimawandel, Treibhausgase, Verantwortung, Vulnerabilität, Ungleichheit, Klimagerechtigkeit

### FORSCHUNGSMETHODE

Rollenspiel



## VORBEREITUNG 15 MIN

### MATERIAL

- Die **ARBEITSBLÄTTER E3.1<sup>2</sup>, E3.2** (oder Spielzeugautos), **E3.3, E3.4, E3.5**
- 1 Blatt Papier oder Klebpunkte
- Optional: eine Weltkarte

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

Diese Unterrichtsstunde beinhaltet zwei unabhängige Aktivitäten. Sie können die eine oder die andere oder beide machen.

#### Aktivität 1

- Im Klassenzimmer sollte sich genau ein Stuhl pro Schüler befinden.
- Drucken Sie (für sich) das **ARBEITSBLATT E3.1** aus.
- Lassen Sie die Schüler kleine Spielzeugautos (ein Auto pro Schüler) mitbringen oder, wenn das nicht möglich ist, drucken Sie das **ARBEITSBLATT E3.2** aus (ein Exemplar für die ganze Klasse).
- Platzieren Sie Schilder mit den Namen der Kontinente an verschiedenen Orten im Klassenzimmer (am Boden oder an der Wand).

#### Aktivität 2

Drucken Sie die **ARBEITSBLÄTTER E3.3, E3.4** und **E3.5** aus (je eins pro Gruppe von sechs Schülern).

#### ➔ HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Siehe Hintergrundinformationen für Lehrende der vorherigen Unterrichtsstunde (E2).

## EINFÜHRUNG 20 MIN

Die Schüler wissen inzwischen einiges über den Treibhauseffekt und die Folgen des Klimawandels – insbe-

- 1 Diese Unterrichtseinheit beruht zum einen Teil auf der Unterrichtsstunde 4 von „Creating Futures“. Diese wurde von der Initiative „Education for a Just World“ von Trócaire und dem Centre for Human Rights and Citizenship Education (Institute of Education, Dublin City University, Irland) erstellt. Zum anderen Teil beruht sie auf der Unterrichtsstunde „Die ungleiche Verteilung der natürlichen Ressourcen“ aus dem Modul „Mein Haus, mein Planet und ich!“ von La main à la pâte/Sonnentaler. Das Office for Climate Education dankt den Autoren.
- 2 Auf der Webseite des Office for Climate Education gibt es eine Excel-Datei mit aktualisierten Daten und einer für die jeweilige Schülerzahl passenden Aufteilung: data-chair-game.ods.

sondere für viele der Ökosystemdienstleistungen. Diskutieren Sie mit den Schülern: Ist jeder auf der Welt im gleichen Maße für den Klimawandel verantwortlich und im gleichen Maße von seinen Auswirkungen betroffen?

## DURCHFÜHRUNG 1 STUNDE 20 MIN

### AKTIVITÄT 1 (45 MIN): WER IST FÜR DEN KLIMAWANDEL VERANTWORTLICH?

#### → TIPP FÜR LEHRENDE

Diese Aktivität kann auch mit Spielfiguren auf dem Tisch durchgeführt werden, anstatt mit Stühlen im Klassenraum.



1. Die Schüler sollen sich in einem Kreis aufstellen: Sie repräsentieren die (fast) acht Milliarden Erdenbewohner. Um die Schüler in die Aktivität einzuführen, fragen Sie sie, welcher Anteil der Weltbevölkerung ihrer Meinung nach männlich und welcher Anteil weiblich ist. Die Schüler sollen sich entsprechend aufteilen. Von den acht Milliarden Menschen auf der Welt sind ungefähr 4 Milliarden Frauen und 4 Milliarden Männer. Die Hälfte der Klasse sollte also auf der einen Seite des Klassenzimmers stehen und die andere Hälfte auf der anderen (ungeachtet des tatsächlichen Geschlechts der Schüler).



Schüler in einem Kreis im Freien

2. Die Schüler bilden wieder einen großen Kreis. Sie sollen sich auf die sechs Kontinente bzw. Erdteile verteilen (Afrika, Asien, Europa, Nordamerika, Südamerika und Ozeanien) – und zwar entsprechend der von

ihnen geschätzten Einwohnerzahlen (sie haben noch keine Zahlen).

3. Verraten Sie der Klasse nun anhand der ersten Tabelle des **ARBEITSBLATT E3.1** die tatsächliche Verteilung der Bevölkerung über die Kontinente. Die Schüler korrigieren ihre Verteilung entsprechend. Jeder Schüler steht jetzt für eine bestimmte Anzahl von Menschen auf einem bestimmten Kontinent. Im Vergleich zu den anderen Kontinenten leben in Ozeanien so wenig Menschen, dass dort nicht einmal ein „ganzer“ Schüler steht. Für den Rest dieser Aktivität repräsentiert jeder weiterhin seinen Kontinent. Diskutieren sie mit den Schülern, was sie über die tatsächliche Bevölkerungsverteilung denken.

4. Jeder Schüler nimmt sich nun einen Stuhl und begibt sich wieder zu den anderen Schülern seines Kontinents. Sagen Sie den Schülern, dass alle Stühle zusammen den gesamten Wohlstand der Erde darstellen. Die Schüler diskutieren in ihren kleinen Gruppen, wie die Stühle (Wohlstand) unter all den Menschen auf der Welt aufgeteilt sind, d. h. wie viele Stühle auf den verschiedenen Kontinenten stehen sollten. Jede Gruppe teilt ihre Überlegungen dem Rest der Klasse mit. Die Klasse entscheidet gemeinsam, ob einige Stühle auf andere Kontinente verschoben werden müssen. Die Stühle werden dann entsprechend verschoben. Es sollten natürlich nur die Stühle verschoben werden, die Schüler bleiben auf ihrem Kontinent.



Kinder, die die afrikanische Bevölkerung und ihren Wohlstand repräsentieren



Kinder, die die europäische Bevölkerung und ihren Wohlstand repräsentieren

5. Verraten Sie der Klasse anhand der zweiten Tabelle des ARBEITSBLATT E3.1, wie der Wohlstand tatsächlich verteilt ist. Die Schüler verschieben daraufhin die Stühle entsprechend zu anderen Kontinenten. Die Schüler sollen sich auf einen Stuhl setzen, ohne die Gruppe ihres Kontinents zu verlassen. In manchen Kontinenten werden einige Schüler keinen Sitzplatz finden (oder müssen sich mit anderen einen Stuhl teilen), während es auf anderen Kontinenten einen Stühleüberschuss gibt, sodass die Schüler ihre Füße auf einen zweiten Stuhl legen können.

6. Diskutieren Sie mit der Klasse darüber, wie sich das anfühlt und was dieses Spiel deutlich macht. Stichworte für die Diskussion: Konflikte, Migration, Gerechtigkeit und Ungleichheit.

7. Die Schüler bleiben mit den ihnen zugeteilten Stühlen auf ihren Kontinenten. Sie diskutieren zuerst in ihrer Gruppe über die Frage, ob jeder Mensch auf der Erde die gleiche Menge an Treibhausgasen verursacht. Die Einwohner eines Kontinents können auch Treibhausgasemissionen außerhalb ihres Kontinents verursachen. Die Schüler überlegen sich insbesondere, auf welchen Kontinenten die Menschen mehr Treibhausgase pro Kopf emittieren und auf welchen Kontinenten weniger.



Zusammenfassung der Aktivität: Die Schüler sollen die Einwohnerzahl, den Wohlstand und die Treibhausgasemissionen auf der Weltkarte einzeichnen. Die obige Weltkarte stellt die Situation im Jahr 2018 dar.

8. Die Spielzeugautos (oder die ausgeschnittenen Autos aus ARBEITSBLATT E3.2) stellen die durchschnittliche in einem Jahr emittierte Menge an Treibhausgasen dar. Geben Sie jeder Gruppe die Menge an Autos, die den durchschnittlichen Treibhausgasemissionen auf dem Kontinent entsprechen (siehe dritte Tabelle auf ARBEITSBLATT E3.1). *Wie viele Autos pro Person gibt es auf den einzelnen Kontinenten?*

Sprechen Sie über den Zusammenhang zwischen den Treibhausgasemissionen und der Einwohnerzahl sowie dem Wohlstand der einzelnen Kontinente. Die Treibhausgasemissionen pro Kopf sind nicht auf allen Kontinenten gleich groß. *Was passiert, wenn immer mehr Menschen auf der Welt den Lebensstil der Europäer*

*und Nordamerikaner annehmen? Und wenn wir einen bestimmten Kontinent betrachten: Stößt dort jeder Mensch die gleiche Menge an Treibhausgasen aus? (Vergleicht die Anzahl der Stühle und Autos in den einzelnen Gruppen.)*

#### AKTIVITÄT 2 (35 MIN): WER IST VOM KLIMAWANDEL BETROFFEN?

9. Nachdem sie diskutiert haben, wer den Klimawandel am meisten zu verantworten hat, sollen die Schüler nun herausfinden, wer vom Klimawandel am meisten betroffen ist. Bilden Sie Gruppen von bis zu sechs Schülern und ordnen Sie jedem Schüler einer Gruppe eine unterschiedliche Rolle zu – siehe die Rollenkarten der ARBEITSBLÄTTER E3.3 und E3.4.

10. Die Schüler sollen sich in einer Reihe in der Mitte des Raumes aufstellen und die Rollenkarten so halten, dass die anderen ihre Rolle sehen können. Lesen Sie die „vorwärts“ und „rückwärts“-Aussagen von ARBEITSBLATT E3.5 vor. Die Schüler sollen

- einen Schritt nach vorn gehen, wenn eine Aussage aus Teil 1 auf ihre Rolle zutrifft;
- einen Schritt zurückgehen, wenn eine Aussage aus Teil 2 auf ihre Rolle zutrifft.



Vorwärts und rückwärts mit dem Klimawandel

11. Diskutieren Sie mit den Schülern, wer in der Welt am meisten vom Klimawandel bedroht ist und warum.

#### NACHBEARBEITUNG 20 MIN

Fragen Sie die Schüler zum Abschluss: *Ihr habt jetzt einiges über die Verantwortung für den Klimawandel und über die Bedrohung durch den Klimawandel gelernt. Seid ihr der Meinung, dass der Klimawandel „fair“ ist?* Es sollten der Wohlstand, die Treibhausgasemissionen und die unterschiedliche Exposition und Vulnerabilität angesprochen werden. (Die reichsten Länder emittieren am meisten CO<sub>2</sub> pro Kopf, sind aber den Auswirkungen des Klimawandels weniger ausgesetzt und von den Folgen weniger betroffen. Das liegt an ihrer geografischen Lage und an den Mitteln, die sie zur Verfügung haben, um den Auswirkungen des Klimawandels entgegenzutreten.)

# ARBEITSBLATT E3.1



KONTINENT	ANTEIL AN DER WELT- BEVÖLKE- RUNG %	ANZAHL VON SCHÜLERN PRO KONTINENT															
		Klasse mit 15 Schülern	Klasse mit 16 Schülern	Klasse mit 17 Schülern	Klasse mit 18 Schülern	Klasse mit 19 Schülern	Klasse mit 20 Schülern	Klasse mit 21 Schülern	Klasse mit 22 Schülern	Klasse mit 23 Schülern	Klasse mit 24 Schülern	Klasse mit 25 Schülern	Klasse mit 26 Schülern	Klasse mit 27 Schülern	Klasse mit 28 Schülern	Klasse mit 29 Schülern	Klasse mit 30 Schülern
Afrika	17%	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5
Asien	59%	9	9	10	11	11	12	12	13	14	14	15	16	16	17	18	18
Europa	10%	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
Lateinamerika	8%	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nordamerika	5%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
Ozeanien	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	100%	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Quelle: Bevölkerung: <https://www.worldometers.info/world-population/#region>

KONTINENT	ANTEIL AM VOLKSWIRT- SCHAFT- LICHEN REICHTUM %	ANZAHL VON „STÜHLEN“ PRO KONTINENT															
		Klasse mit 15 Schülern	Klasse mit 16 Schülern	Klasse mit 17 Schülern	Klasse mit 18 Schülern	Klasse mit 19 Schülern	Klasse mit 20 Schülern	Klasse mit 21 Schülern	Klasse mit 22 Schülern	Klasse mit 23 Schülern	Klasse mit 24 Schülern	Klasse mit 25 Schülern	Klasse mit 26 Schülern	Klasse mit 27 Schülern	Klasse mit 28 Schülern	Klasse mit 29 Schülern	Klasse mit 30 Schülern
Afrika	5%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
Asien	49%	7	8	8	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	15
Europa	21%	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6
Lateinamerika	7%	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Nordamerika	17%	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Ozeanien	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	100%	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

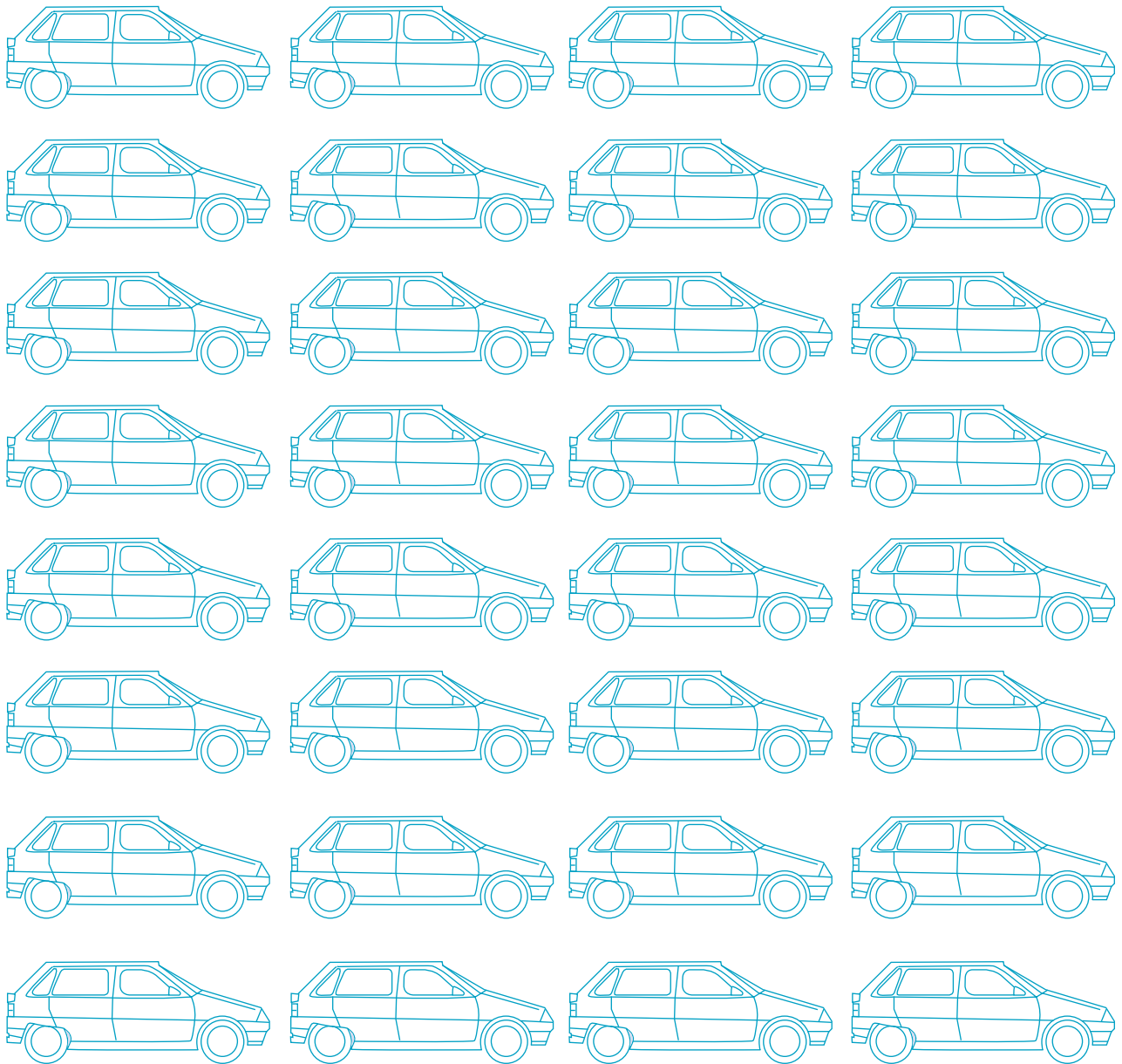
Quelle: Volkswirtschaftlicher Reichtum = Wohlstand: <https://www.dsw.org/landerdatenbank/>

KONTINENT	ANTEIL AN DEN TREIB- HAUSGAS- EMISSIONEN %	ANZAHL VON „AUTOS“ PRO KONTINENT															
		Klasse mit 15 Schülern	Klasse mit 16 Schülern	Klasse mit 17 Schülern	Klasse mit 18 Schülern	Klasse mit 19 Schülern	Klasse mit 20 Schülern	Klasse mit 21 Schülern	Klasse mit 22 Schülern	Klasse mit 23 Schülern	Klasse mit 24 Schülern	Klasse mit 25 Schülern	Klasse mit 26 Schülern	Klasse mit 27 Schülern	Klasse mit 28 Schülern	Klasse mit 29 Schülern	Klasse mit 30 Schülern
Afrika	4%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asien	49%	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12	13	14	14	15	15
Europa	16%	2	2	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5
Lateinamerika	12%	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Nordamerika	18%	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
Ozeanien	1%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gesamt	100%	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Quelle: Treibhausgasemissionen: Our world in Data, auf der Grundlage des "Global Carbon Project" der UNO und der World Bank (<https://ourworldindata.org/co2-by-income-region>)



# ARBEITSBLATT E3.2





## JIAO-LONG AUS CHINA

Ich heiße Jiao-Long und bin 10 Jahre alt. Ich wohne mit meiner Mutter in einer kleinen Wohnung ganz oben in einem 40-stöckigen Gebäude in Shanghai. Meine Mutter sagt, es sei von der Einwohnerzahl her die zweitgrößte Stadt der Welt.

Ich liebe die ganzen Lichter der Gebäude, Autos und Werbetafeln in den großen Straßen bei Nacht. Ich esse am liebsten Nudeln mit Hühnchen. Ich hätte gern einen Bruder, um mit ihm alle meine Videospiele zu spielen. Wir könnten zusammen zur Technikmesse gehen, das wäre ein großer Spaß.

Meine Mutter bringt mich jeden Morgen zur Schule. Wir nehmen die U-Bahn. Ich fahre gern U-Bahn, aber manchmal sind mir da zu viele Menschen und ich fühle mich eingeengt. In meiner Stadt sind immer und überall viele Menschen. Manchmal wünsche ich mir, es wären weniger Menschen, so wie im Dorf meines Opas – dort kann ich überall herumrennen. Meine Mutter sagt, dass es in unserer Stadt jedes Jahr mehr Menschen gibt, weil das Leben auf dem Land immer härter wird und die Menschen ein besseres Leben suchen.



## MAHLET AUS ÄTHIOPIEN

Mein Name ist Mahlet. Ich bin 13 Jahre alt und lebe mit meiner Familie in einem kleinen Dorf im Norden Äthiopiens. Meine Schwester heißt Hewitt und mein Bruder Samuel. Ich gehe gern zur Schule. Mein Lieblingsfach ist Biologie. Wenn ich groß bin, will ich Ärztin werden.

Meine Familie baut auf unserem Land Gemüse an. Wir bauen Mais, Hirse, Kartoffeln und Tomaten an. Wir essen dieses Gemüse und einen Teil verkaufen wir auf dem Markt, um Geld zu verdienen. Von dem Geld kaufen wir Samen, Schulbücher und Dinge für unser Haus.

Als mein Vater klein war, gab es genug Regen und das Gemüse wuchs gut. Heute regnet es nicht immer genug. Meine Familie und unsere Nachbarn sind bereit für die Aussaat, aber der Boden ist zu trocken. Zusammen bauen wir ein Bewässerungssystem: eine lange Leitung, mit der wir das Wasser von weit herholen. Dann kann das Gemüse wachsen.



## ARIANNE AUS DEN PHILIPPINEN

Mein Name ist Arianne. Ich wohne mit meinen Eltern und meinem jüngeren Bruder in einem Haus. Als wir klein waren, wohnten wir in einem schönen Haus direkt am Strand. Ich habe gern mit Muscheln gespielt und zugehört, wie die Schildkrötenbabys aus ihren Eiern schlüpfen und zum Meer gehen. Mir gefiel, dass ich vom Fenster unseres Hauses aus sehen konnte, wenn mein Vater nach einem langen Tag auf dem Meer mit seinem Fischerboot zurückkam.

Eines Tages kam das Meer höher den Strand hinauf als normalerweise, und unser Haus wurde überschwemmt. Ich erinnere mich daran, es war ein sehr stürmiger Tag. In den darauffolgenden Monaten kam das immer häufiger vor. Wir beschlossen umzuziehen, und jetzt wohnen wir in einem neuen Haus, ein bisschen weiter weg vom Meer. Es steht auf Pfählen, damit es in Zukunft nicht überschwemmt werden kann. Wir fühlen uns hier viel sicherer.

Ich wohne wirklich gern in Strandnähe, und ich hoffe, dass wir nicht bald noch weiter landeinwärts ziehen müssen.





## RORY AUS IRLAND

Mein Name ist Rory und ich bin 8 Jahre alt. Ich wohne mit meinen Eltern und meinem Bruder Eoin in einem kleinen Dorf. Zur Schule fahren wir in ein anderes kleines Dorf bei Downpatrick.

Mir gefällt die Schule, besonders gern mag ich Sport und Musik. Ich spiele Gaelic Football. Da es in Irland so viel regnet, wird das Training oft abgesagt, weil es zu nass zum Spielen ist. Im letzten Frühling, als der Fluss über die Ufer trat, war die Zufahrt zu unserem Haus überschwemmt, und wir konnten weder rein noch raus.

Fast jedes Jahr bekommen wir ein paar Tage schulfrei, weil zu viel Schnee liegt. Auf unseren Landstraßen wird kein Splitt gestreut, sodass es gefährlich sein kann, auf den verschneiten Straßen zu fahren. Mir gefällt es, schulfrei zu haben, dann können wir auf dem Hügel neben unserem Haus Schlitten fahren. Es macht großen Spaß. Wir bauen auch immer einen Schneemann im Garten.

In den letzten Sommerferien sind wir nach Spanien geflogen, weil es dort sonnig und heiß ist. Manchmal wünschte ich mir, dass das Wetter hier schöner wäre, aber Mama sagt, dass Irland dann nicht als Smaragdinsel bekannt wäre.



## RENATA AUS CHILE

Ich heiße Renata. Ich bin neun Jahre alt und lebe in Valparaíso – mit meiner Mutter, meinem Bruder, meiner Schwester und meinem Hund Gasparín. Ich sehe meinen Vater nicht jeden Tag, weil er in den Minen im Norden Chiles arbeitet. Ab und zu kommt er für ein Wochenende nach Hause. Dann bringt er mir und meinen Geschwistern immer Süßigkeiten mit.

In den Sommerferien fahren wir mit unserem Onkel und unseren Cousins aufs Land, in ein sehr schönes Holzhaus in den Bergen. Gasparín ist dort sehr glücklich, weil er viel herumrennen kann. Mein Bruder geht gern mit meinem Onkel angeln. Meine ältere Schwester kommt nicht immer mit, weil sie lieber in der Stadt bleibt und mit ihren Freunden ausgeht oder im Internet Videos anschaut.

Die alten Menschen, die hier leben, erzählen, dass früher auf den Bergen Schnee lag, der auch im Sommer nicht weggeschmolzen ist. Heute sehe ich fast nie Schnee.



## WESTON AUS DEN USA

Mein Name ist Weston, ich bin 11 Jahre alt. Ich wohne mit meinen Eltern und meinen Schwestern Anna und Melissa in Boston. Wir leben in einem Haus in einer schönen Gegend, wo ich viele Freunde habe. Meine Eltern fahren uns jeden Tag zur Schule.

Ich spiele gern Baseball. Meine Freunde und ich sind in der lokalen Mannschaft. Nach unserem Samstagsspiel gehen wir oft in einem großen Einkaufszentrum mexikanisch essen. Wenn wir kein Spiel haben, bleiben wir zu Hause und spielen Videospiele.

Jedes Jahr fliegen wir mit der Familie in den Sommerferien nach Kalifornien. Ich liebe den Strand dort. Meine Schwestern und ich haben sogar einmal versucht zu surfen. Außerdem gab es im Strandrestaurant riesige Burger. Letzten Sommer haben wir Silicon Valley besichtigt. Es war sehr beeindruckend. Ich wünschte, ich könnte dort in einer der Technologie-Firmen arbeiten, wenn ich groß bin.

Letzte Woche habe ich in den Nachrichten gehört, dass in den Wäldern in Kalifornien riesige Brände wüten. Das macht mich traurig. Ich verbringe wirklich gern meine Ferien in Kalifornien.





## VORWÄRTS UND RÜCKWÄRTS MIT DEM KLIMAWANDEL

Manche Menschen tragen mehr zum Klimawandel bei als andere.  
Manche Menschen sind vom Klimawandel mehr betroffen als andere.  
**Denke darüber nach, wie du zum Klimawandel beiträgst.**

### AUSSAGEN – TEIL 1

Gehe einen Schritt nach vorn, wenn die Familie deiner Person ...

- ein Auto hat.
- in den Ferien ins Ausland fliegt.
- genug Geld hat, um für die ganze Familie Essen zu kaufen.
- so oft Fleisch isst, wie sie will.
- sich an den Klimawandel angepasst hat.
- auf eine Regierung zählen kann, die ihnen hilft, sich an den Klimawandel anzupassen.
- im täglichen Leben viele technische Geräte verwendet.

### AUSSAGEN – TEIL 2

Gehe einen Schritt zurück, wenn Folgendes auf die Familie deiner Person zutrifft.

- Sie müssen von dem leben, was sie anbauen.
- Wenn der Meeresspiegel steigt, könnte ihr Zuhause von Hochwasser betroffen sein.
- Wenn die Korallenökosysteme aufgrund der Ozeanversauerung zerstört werden, könnte es für sie schwer werden, an genug Nahrung zu kommen.
- Wenn die Temperatur steigt, leiden sie unter Dürren.
- Nach einer Dürre laufen sie Gefahr zu hungern.
- Wenn die Gletscher weiter schmelzen, haben sie vielleicht eines Tages nicht genügend Trinkwasser.

# UNTERRICHTSSTUNDE E4

## WELTWEITE MASSNAHMEN ZUR ANPASSUNG AN DEN KLIMAWANDEL UND ZUM KLIMASCHUTZ

### FACH

Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften

### DAUER

- ~ Vorbereitung: 10 - 30 min
- ~ Durchführung: 1 Stunde

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler stellen fest, dass es viele Möglichkeiten gibt, sich mit dem Klimawandel auseinanderzusetzen. Man kann Maßnahmen ergreifen, um sich an den Klimawandel anzupassen oder um das Klima zu schützen. Viele Menschen und Organisationen sind bereits aktiv. Die Schüler wählen ein Anpassungs- oder Klimaschutzprojekt aus, das sie selbst durchführen können.

### KERNIDEEN

- ~ Wir müssen uns an die Auswirkungen des Klimawandels anpassen, und wir müssen alles tun, um die Treibhausgasemissionen zu reduzieren.
- ~ Viele Menschen, Gemeinschaften und Organisationen auf der ganzen Welt setzen Lösungen zur Anpassung und zum Klimaschutz um. Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, zu helfen.
- ~ Anpassung hilft uns kurzfristig, während Klimaschutz langfristig wirkt. Beide müssen zusammen gedacht werden.
- ~ Anpassung hilft, die Vulnerabilität und/oder die Exposition zu verkleinern: Man versucht, das Risiko durch negative Auswirkungen des Klimawandels zu verringern.
- ~ Wir können Maßnahmen zur Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels umsetzen.
- ~ Wir haben alle einen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck. Wir können das Klima schützen, indem wir unsere Treibhausgasemissionen senken.

### SCHLÜSSELBEGRIFFE

Anpassung, Klimaschutz, Vulnerabilität, Exposition

### FORSCHUNGSMETHODE

Dokumentenanalyse



## VORBEREITUNG 10 - 30 MIN

### MATERIAL

- Beamer, Computer und eine Internetverbindung
- **Multimedia:** „Maßnahmen zur Anpassung und zum Klimaschutz“, siehe Seite 184.
- Wenn die Klasse keinen Internetzugang hat, können stattdessen die **ARBEITSBLÄTTE** E4.1, E4.2, E4.3 und E4.4 (je ein Exemplar für die Klasse) bearbeitet werden.

### UNTERRICHTSVORBEREITUNG

Selbstverständlich können auch andere Materialien verwendet werden, um Anpassungs- und Klimaschutzmaßnahmen vorzustellen. Gut wäre es, Maßnahmen vorzuschlagen, die in der Umgebung der Schüler umgesetzt wurden (in ihrer Region oder ihrem Land).

### → TIPP FÜR LEHRENDE

Diese Unterrichtseinheit ist eine Überleitung zu Teil 2 des Unterrichtsplans. Deshalb ist die angegebene Dauer von einer Stunde nur ein Richtwert. Es kann auch länger dauern, bis Sie sich mit der Klasse auf ein durchführbares Projekt geeinigt haben.

## EINFÜHRUNG 10 MIN

Die Schüler wiederholen kurz, was sie über die verschiedenen Auswirkungen des Klimawandels auf den Ozean und die Kryosphäre sowie über die damit einhergehenden Folgen für Ökosysteme und die menschlichen Gesellschaften gelernt haben. Anschließend denken sie darüber nach, welche Art von Aktionen infrage kommen, um mit diesen Problemen fertigzuwerden.

## DURCHFÜHRUNG 40 MIN

1. Die Schüler sollen der Klasse ihre Lösungsvorschläge präsentieren. Schreiben Sie die Vorschläge an die Tafel, ohne sie zu kommentieren. Es sollten alles Aktionen sein, die die Schüler allein, mit der Familie oder in kleinen Gemeinschaften durchführen können, (Schule, Dorf usw.). Auf diese Weise werden Diskussionen über Maßnahmen vermieden, was andere (Regierungen, Industrie usw.) tun sollten/könnten.
2. Sobald ein paar Ideen zusammengekommen sind, sollen die Schüler überlegen, wie man diese ordnen könnte (dazu müssen sie geeignete Kriterien definieren). Sortierkriterien könnten sein:
  - Klimaschutz/Anpassung: Einige Aktionen führen zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen, was die globale Erwärmung bremst, andere verringern die Auswirkungen der globalen Erwärmung auf unsere Gesellschaft.
  - Individuell/gemeinsam
  - Zu Hause/in der Schule/im Geschäft/im Verkehr usw.
3. Lassen Sie die Schüler die Relevanz der jeweiligen Aktionen diskutieren. Manchmal gibt es Schwierigkeiten bei der Einordnung einer Aktion. Sie ist dann zum Beispiel wichtig für die Anpassung an den Klimawandel, ist aber gleichzeitig schlecht für den Klimaschutz. Beispiel: Klimaanlage sind für die Anpassung gut, weil man Räume kühlen kann, die zu warm sind. Allerdings sind sie aus der Klimaschutzperspektive betrachtet schädlich, weil sie Energie verbrauchen.
4. Nachdem alle Aktionen diskutiert und kategorisiert wurden, können sich die Schüler eventuell mit der Multimediaaktivität befassen. Sie können dadurch verschiedene Initiativen entdecken, die es bereits gibt.
5. Erklären Sie, dass Sie versuchen sollten, etwas Konkretes zu tun, und helfen Sie ihnen, eine Aktion auszuwählen, die sie auch umsetzen können.

## NACHBEARBEITUNG 10 MIN

Die Klasse legt fest, welches Projekt sie durchführen will. Im Folgenden sind einige Beispiele aufgeführt.

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN FÜR LEHRENDE

Um die Auswirkungen des Klimawandels auf menschliche Gesellschaften und die Ökosysteme der Erde zu verringern, gibt es zwei Strategielinien: **Klimaschutz** und **Anpassung**. Auf den Seiten 20-23 des wissenschaftlichen Überblicks finden Sie dazu detaillierte Informationen.

Diese zwei komplementären Strategien müssen auf verschiedenen Ebenen betrachtet werden: Einzelpersonen, lokale Gruppen (z. B. Schule, Stadt), nationale oder regionale Instanzen, internationale oder globale Akteure (Vereinte Nationen, internationale Abkommen). Alle Ebenen können beitragen, auch wenn ihre relative Wirkung unterschiedlich ist. Beide Strategien erfordern Wissen, technologische Innovationen und soziale Veränderungen. Selbst bei einem kleinen Projekt (eine Aktion innerhalb der Schule) müssen der Zeitplan und die vielen möglichen Folgen einer Aktion berücksichtigt werden.



## LANDWIRTSCHAFT UND NÄHRUNG

### Permakultur (Guatemala)

An den Ufern des Atitlan-Sees informiert das Mesoamerikanische Permakultur-Institut die lokale Bevölkerung über Permakultur, eine Anbauweise, die bereits von ihren Maya-Vorfahren praktiziert wurde. Permakultur ist eine Technik, bei der verschiedene Kulturpflanzen zusammen auf derselben Anbaufläche angepflanzt werden. In solch einer Mischkultur stärken sich die Pflanzen gegenseitig. Die Permakultur hat eine hohe Produktivität, benötigt keine umweltschädlichen synthetischen Düngemittel und trägt zum Erhalt der Artenvielfalt bei.



## ENERGIE

### Fahrradfahren (Niederlande)

Amsterdam ist die Hauptstadt der Fahrradfahrer. Es gibt dort (zum Teil) zweispurige Fahrradwege und kostenlose Fahrradparkplätze. Autofahren wird dagegen unattraktiv gemacht. Das führt dazu, dass in der Stadt, die fast eine Million Einwohner zählt, mehr als 60% der Wege mit dem Fahrrad zurückgelegt werden.

Fahrradfahren ist nicht teuer, verursacht keine Treibhausgase, trägt nicht zur Luftverschmutzung bei und man treibt ganz nebenbei (leichten) Sport, was der Gesundheit zugutekommt. Außerdem ist das Fahrrad in der Stadt eines der schnellsten Verkehrsmittel.



## ENERGIE

### Fußball (Spanien)

Diese Teenager, die in Spanien auf der Straße Fußball spielen, ahnen wahrscheinlich nicht, dass sie Energie sparen (und das ist wahrscheinlich auch nicht ihr Ziel). Lesen, draußen spielen oder Sport treiben und Freunde treffen – all das ist viel besser für die Umwelt als nur am Bildschirm eines Computers oder Smartphones zu sitzen. Außerdem ist es besser für die Gesundheit und fördert soziale Kontakte.

Daten zu speichern und zum/vom Computer und Smartphone zu transferieren verbraucht viel Energie: ungefähr so viel wie der weltweite Luftverkehr. Warum also nicht einfach mal ab und zu den Stecker ziehen?





## ENERGIE

### Repair-Café (Frankreich)

Wegwerfen? Auf keinen Fall!

In unserer Wegwerfgesellschaft, in der Produkte oft mit Absicht nur eine begrenzte Haltbarkeit haben, wünschen sich manche Leute einen nachhaltigeren Konsum.

Repair-Cafés schießen wie Pilze aus dem Boden. Es gibt sie auf allen Kontinenten – in Schulen, Gaststätten, Cafés, Stadthallen usw.

In Quimper (Frankreich) gibt es zum Beispiel an einem Freitag pro Monat „Do it yourself“-Workshops. Die Leute können in diesen Workshops unter Anleitung Alltagsgegenstände reparieren, wie zum Beispiel ihr Fahrrad, ihre Kaffeemaschine, ihren Computer oder ihr Lieblingsspielzeug. Die Workshops richten sich auch an Jugendliche, die dort lernen können, wie man ein Gerät auseinandernimmt und wieder zusammensetzt, oder wie man es zu etwas anderem umfunktionieren kann. Das spart Energie, Rohstoffe ... und Geld!



## WOHNEN

### Bioklimatisch und low-tech bauen (Burkina Faso)

Anders als andere Schulen in Burkina Faso ist diese Grundschule in Gando nicht aus Zement gebaut, sondern aus Lehm. Lehm ist ein sehr günstiges Baumaterial. Es muss nicht verarbeitet werden und kommt aus der Gegend, muss also nicht weit transportiert werden. Lehm sorgt für ein sehr angenehmes Raumklima und lässt sich zu 100% recyceln.

Lehmziegel, Stampflehm, Lehmwellerbauweise – diese Techniken gibt es schon seit Tausenden von Jahren, und sie kommen gerade wieder in Mode. Der Einsatz von Lehm kennt fast keine Grenzen: Es werden Häuser, Schulen, Bahnhöfe usw. gebaut.

In der bioklimatischen Architektur werden die lokalen Gegebenheiten berücksichtigt. In den wassersparenden und energieeffizienten Häusern lässt es sich angenehm und funktional wohnen. Manche Gebäude sind sehr ausgeklügelt, andere (wie diese Schule) verwenden altbekannte, kostengünstige Materialien und Techniken.



## WOHNEN

### Solarkocher (Sudan)

Wenn man zum Kochen Holz sammeln muss, ist das sehr zeitaufwändig. Außerdem ist die Verwendung von Holz als Brennstoff in einigen Ländern eine der Ursachen der Entwaldung.

Mit Solarkochern kann man diese Probleme umgehen. In einem Solarkocher wird das Licht der Sonne an Spiegeln reflektiert und im Kochtopf konzentriert. Die entstehende Hitze reicht in sonnigen und warmen Gegenden zum Garen der Speisen. Beim Kochen mit einem Solarkocher werden keine Treibhausgase oder andere Schadstoffe emittiert. Die Luft ist dadurch sauberer. Mit dem Solarkocher kann man auch Wasser abkochen, so dass man es gefahrlos trinken kann.

Im Sudan verteilen NGOs Solarkocher an die Bevölkerung. Das trägt zum Schutz der Wälder und des Klimas bei, sowie zur Verbesserung der Gesundheit der Menschen.







## RESILIENTE STÄDTE

### Stadt Begrünung (Australien)

In Städten wurden jahrzehntelang Bäume und Wiesen durch Gebäude, Beton und Asphalt ersetzt. Inzwischen wünschen sich die Stadtbewohner wieder mehr Natur und mehr Grün in ihrer Umgebung. In Brisbane (Australien) haben die Behörden die Wiederbegrünung des Stadtzentrums gefördert: Es wurden Bäume gepflanzt und Wiesen angelegt. Das sieht nicht nur schön aus, sondern erhöht auch die Artenvielfalt (besonders Vögel sind jetzt wieder häufiger zu sehen). Die Begrünung hat noch weitere Vorteile: Die Luftqualität wird besser und die Stadt heizt sich im Sommer weniger auf (Vermeidung des Wärmeinsel-Effekts). Die Stadt ist somit besser gegen die Auswirkungen des Klimawandels gewappnet.



Es gibt inzwischen in vielen Städten Renaturierungsprojekte. Manchmal sind sogar Schulen die Initiatoren.

## ÖKOSYSTEME

### Korallen anpflanzen (Malaysia)

Korallenriffe bedecken weniger als 0,1% des Meeresbodens, beherbergen aber 30% der weltweiten Artenvielfalt. Korallenriffe sind sehr wichtig für die in ihrer Nähe wohnenden Menschen: Sie sorgen für genügend Nahrung und verhindern Küstenerosion.



Zwischen den 1980er Jahren und 2019 verschwanden ca. 30% der Korallenriffe (laut Roter Liste gefährdeter Arten). Um dem entgegenzuwirken, tun sich viele NGOs, Firmen und Wissenschaftler mit den Menschen vor Ort zusammen, um Korallenriffe wiederzubesiedeln – zum Beispiel auf Pulau Tioman in Malaysia. Einige dieser Projekte werden durch freiwillige CO<sub>2</sub>-Abgaben finanziert. Denkt daran, wenn ihr das nächste Mal fliegt!

Einige dieser Projekte werden durch freiwillige CO<sub>2</sub>-Abgaben finanziert. Denkt daran, wenn ihr das nächste Mal fliegt!

## SENSIBILISIERUNG

### Felix und „Plant-for-the-Planet“ (Deutschland)

2007 hielt Felix Finkbeiner, ein 9-jähriger Junge aus Bayern, vor seiner Klasse ein Referat über den Klimawandel. Seinen ersten Baum pflanzte er zusammen mit seinen Mitschülern. Daraufhin beschloss er, das Projekt „Plant-for-the-Planet“ zu gründen. Im Alter von 10 Jahren sprach Felix im Europäischen Parlament, mit 13 hielt er eine Rede vor der Hauptversammlung der Vereinten Nationen.



Zehn Jahre später setzt sich Felix immer noch freiwillig für „Plant-for-the-Planet“ ein. Die Organisation hat inzwischen 130 Angestellte und 70 000 Mitglieder in 67 Ländern. Bis 2019 wurden fast 14 Milliarden Bäume gepflanzt.

Im Schnitt nimmt jeder Baum ca. 10 kg CO<sub>2</sub> pro Jahr auf – und ein Baum in den Tropen nimmt ein Vielfaches davon auf.



## ÖKOSYSTEME

### Sandwatch-Initiative (Trinidad und Tobago)

Wie viele andere Schulen weltweit macht die Mayaro-Grundschule bei der Sandwatch-Initiative mit. Die Schüler „adoptieren“, überwachen und beschützen den Strand in der Nähe ihrer Schule. Sie führen regelmäßige Müllsammelaktionen durch, untersuchen, wie sich „ihr“ Strand entwickelt, und erkunden die Artenvielfalt, die Strömungen und die Gezeiten. Sandwatch hat an vielen Orten dazu geführt, dass Schüler, Eltern und die Gemeinde ihr Küstenökosystem „Strand“ anders wahrnehmen.

Viele ehemalige Schüler der Mayaro-Grundschule beteiligen sich später an Umweltstudien und -aktivitäten. Das Projekt hat Eltern, Schülern und Lehrenden gezeigt, dass Bildung über die vier Wände des Klassenzimmers hinausgeht.



## SENSIBILISIERUNG

### Schule in Amazonien (Brasilien)

Brasilien beherbergt die größte Artenvielfalt unserer Erde. Gleichzeitig gehört der Amazonas-Regenwald zu den am meisten bedrohten Wäldern. Der Präsident einer ökologischen Stiftung und zwei Biologen haben 2002 die „Escola da Amazônia“ (Schule in Amazonien) gegründet, um die brasilianische Jugend zu sensibilisieren: [www.fundacaocrystalino.org.br/en/o-que-fazemos/projetos](http://www.fundacaocrystalino.org.br/en/o-que-fazemos/projetos).

Im Rahmen des Projektes „Ein Tag im Wald“ machen junge Menschen zwischen 11 und 14 Jahren einen Ausflug in den Amazonas-Regenwald und beobachten dort die Fauna und Flora. Ältere Jugendliche (15-19 Jahre) nehmen an Workshops teil: zu Ökotourismus, nachhaltiger Tierhaltung, sozioökonomischer Entwicklung usw.

Durch ein Twinning-Projekt werden städtische Schulen mit Schulen in der Nähe des Regenwaldes vernetzt.



## LANDWIRTSCHAFT UND NAHRUNG

### Eco-school (Mauritius)

Das Loreton College in Mauritius ist Teil des „Eco-schools“-Netzwerks, dem weltweit über 50 000 Schulen angehören. Die Loreton-Schüler haben eine Miniatur-Aquaponik-Farm gebaut, die den Anbau von Salat mit Fischzucht kombiniert. Die Fischexkrementen liefern Nährstoffe für die Pflanzen; diese filtern dafür das Wasser im Aquarium. Aquaponik ist eine effektive und nachhaltige Art, Nahrung herzustellen, besonders in städtischen Gebieten.

Die Foundation for Environmental Education (FEE) verleiht einer Schule das Eco-school-Label, wenn die Schüler in der Schule oder der Gemeinde ökologische und nachhaltige Projekte auf die Beine stellen. Eco-school-Projekte gibt es in den Bereichen Artenvielfalt und Natur, Klimawandel, Energie, weltweites Bürgerengagement, Gesundheit und Wohlbefinden, Müll, Meer und Küste, Schulgelände, Transport, Abfall und Wasser.

Geschichten über erfolgreiche, von Schülern umgesetzte Projekte findet ihr hier: <https://www.ecoschools.global/stories-news>







# WIR HANDELN #PROJEKTE

Dieser Teil des Handbuchs ist projektbasiert und legt den Schwerpunkt auf Lösungen. Er widmet sich der Planung und Umsetzung von Projekten, die Schülern die Möglichkeit bieten, zum Klimaschutz beizutragen. Je nach lokalem Kontext und verfügbarer Zeit und Ressourcen können unterschiedliche Projekte in Betracht gezogen werden. Wir schlagen im Folgenden drei verschiedene Projekte vor, die allerdings für Ihren Kontext nicht unbedingt die geeignetsten sind, Ihnen aber vielleicht eine Vorstellung davon vermitteln, welche Art von Projekten von Schülern durchgeführt werden können. In der Unterrichtseinheit E4 in Teil 1 (Seite 148) wurden bereits zahlreiche Klimaschutzprojekte vorgestellt, die in verschiedenen Gegenden der Welt umgesetzt werden. Diese können natürlich ebenfalls als Inspiration für ein eigenes Projekt dienen.

In dem ersten Projekt geht es um die Anpassung an Auswirkungen des Klimawandels („Anpassungsprojekt“), in dem zweiten darum, den Ausstoß von Treibhausgasen zu verringern („Klimaschutzprojekt“) und in dem dritten um Aufklärung in Gemeinden vor Ort („Aufklärungsprojekt“). Ein Projekt kann eine oder mehrere der drei Kategorien Klimaschutz, Anpassung und Aufklärung abdecken. Außerdem sind Klimaschutzprojekte oft gleichzeitig Anpassungsprojekte (z. B. kann eine bessere Gebäudeisolierung helfen Hitzewellen durchzustehen – Anpassung – und gleichzeitig dazu führen, dass weniger Treibhausgase emittiert werden, weil weniger Klimaanlagen nötig sind – Klimaschutz).

Um Ihr eigenes Projekt auf die Beine zu stellen, können Sie sich an dem folgenden Aktionsplan für Nachhaltigkeitsprojekte orientieren<sup>1</sup>.

## AKTIONSPLAN ZUR GESTALTUNG EINES NACHHALTIGKEITSPROJEKTS

VISION		JETZTZUSTAND		VERÄNDERUNGSKOMPONENTEN				
Was wollt ihr für eure Schule erreichen?		Wie sieht es in eurer Schule jetzt aus?		Was müsst ihr ändern, um eure Vision zu verwirklichen?				
HÜRDEN UND HERAUSFORDERUNGEN		AKTEURE		BETREIBER DES WANDELS & MEINUNGSFÜHRER		HILFSMITTEL		
Was steht euch im Weg?		Wer ist betroffen?		Wer kann euch helfen, Dinge zu ändern?		Welche Abläufe könnt ihr nutzen?		
KURZFRISTIG			MITTELFRISTIG			LANGFRISTIG		
Was werdet ihr in den nächsten Wochen tun?			Was werdet ihr in den nächsten Monaten tun?			Was werdet ihr in den nächsten Jahren tun?		

<sup>1</sup> Inspiriert von Redman (2013): Opportunities and challenges for integrating sustainability education into K-12 schools: case study phoenix, az. *Journal of Teacher Education for Sustainability*. 15 (2) S. 5-24.

## LISTE DER PROJEKTE

<p><b>Einen Strand vor dem Klimawandel schützen</b> <b>Anpassung</b> Strände mit gesunden Ökosystemen sind besser gegen den Klimawandel gewappnet. Mit diesem Projekt machen die Schüler „ihren“ Strand widerstandsfähiger gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Sie beobachten und überwachen ihren Strand, entscheiden, welches besondere Problem sie angehen wollen, überlegen sich eine Lösung und setzen diese um. Das Projekt beschreibt drei Beispiele, so dass die Schüler sich je nach lokalem Kontext für das eine oder andere entscheiden können: Im ersten Beispiel geht es um die Stranderosion, im zweiten um die Korallenbleiche und im dritten um einen Beitrag zur Wiederherstellung von Küstenökosystemen.</p>	<p><u>Seite 158</u></p>
<p><b>Einen Pedibus einrichten</b> <b>Klimaschutz</b> Die Schüler planen und organisieren einen Pedibus – einen laufenden Bus. Damit soll die Zahl der Autofahrten zwischen ihrem Zuhause und ihrer Schule reduziert werden. Die Schüler machen eine Umfrage in ihren Familien und erarbeiten mehrere Routen für ihren Pedibus. Sie müssen an die Sicherheit denken, Schilder entwerfen und anbringen, Zeitpläne festlegen usw. Sie sorgen auch für einen Dialog zwischen den lokalen Behörden und den Eltern, damit der Pedibus erfolgreich umgesetzt werden kann.</p>	<p><u>Seite 172</u></p>
<p><b>Wissenschaft auf der Bühne</b> <b>Aufklärung</b> Das Ziel dieses Projekts ist, die Öffentlichkeit auf den Klimawandel und seine Auswirkungen aufmerksam zu machen. Es vereint Wissenschaft, Kunst und Theater. Die Schüler sollen sich den wissenschaftlichen Forschungsprozess aneignen, indem sie sich mit den Auswirkungen und Ursachen des Klimawandels sowie mit Klimaschutz und Anpassung befassen.</p>	<p><u>Seite 179</u></p>

# EINEN STRAND VOR DEM KLIMAWANDEL SCHÜTZEN<sup>1</sup>

**FACH**

Naturwissenschaften

**ALTERSGRUPPE**

4.-9. Klasse

**ZIELGRUPPE**

Schulen in Küstenregionen

**ÜBERBLICK**

Strände mit gesunden Ökosystemen sind besser gegen den Klimawandel gewappnet. Mit diesem Projekt machen die Schüler „ihren“ Strand widerstandsfähiger gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels. Sie beobachten und überwachen ihren Strand, entscheiden, welches besondere Problem sie angehen wollen, überlegen sich eine Lösung und setzen diese um. Das Projekt beschreibt drei Beispiele, so dass die Schüler sich je nach lokalem Kontext für das eine oder andere entscheiden können: Im ersten Beispiel geht es um die Stranderosion, im zweiten um die Korallenbleiche und im dritten um einen Beitrag zur Wiederherstellung von Küstenökosystemen.



**LISTE DER EINZELNEN SCHRITTE**

Schritt 1 ist für die drei Beispiele gleich

<p><b>SCHRITT 1</b> – Strand auswählen und potentielle Probleme ausfindig machen</p>	<p>Die Schüler sammeln Informationen über potentielle klimawandelbedingte Gefährdungen „ihres“ Strandes. Sie wählen anschließend eines der Probleme (Gefährdungen) aus, mit dem sie sich näher befassen wollen. Es werden in diesem Projekt drei Beispiele für potentielle Probleme beschrieben.</p>
--	--

Die Schritte 2 bis 4 sind für die drei Beispiele unterschiedlich

<p><b>SCHRITT 2</b> – Strandmonitoring</p>	<p>Die Schüler beobachten ihren Strand und sammeln Daten zu dem von ihnen ausgewählten Problem.</p>
<p><b>SCHRITT 3</b> – Daten analysieren</p>	<p>Die Schüler analysieren die Daten, um genau zu bewerten, wie das Problem den Strand beeinträchtigt.</p>
<p><b>SCHRITT 4</b> – Lösungen umsetzen</p>	<p>Sobald die Schüler festgestellt haben, wie sich der Klimawandel auf einen bestimmten Aspekt des Strandes auswirkt, entwickeln sie einen Klimaschutzplan.</p>

<sup>1</sup> Dieses Projekt ist eine Kurzversion des Sandwatch-Projekts aus dem Sandwatch-Handbuch „Adapting to climate change and educating for sustainable development“. Viele Teile sind direkt übernommen worden. Das OCE rät Lehrenden das online verfügbare Sandwatch-Handbuch zu konsultieren, wenn sie ein umfassenderes Projekt zu Stränden und Ökosystemen an den Küsten durchführen möchten (Sandwatch: Adapting to climate change and educating for sustainable development. Paris: UNESCO, 2010): <https://www.sandwatchfoundation.org/the-sandwatch-manuals.html>  
Je nachdem, welches Teilprojekt Sie mit Ihrer Klasse durchführen, könnten Ihre Daten zur Strandüberwachung für die Sandwatch-Klimawandelndatenbank nützlich sein. Informieren Sie sich und machen Sie mit!  
Sandwatch ist auch ein Netzwerk, das es „Sandwatchern“ auf der ganzen Welt erlaubt, Kontakt zu halten und sich gegenseitig über ihre Aktivitäten zu informieren. Wenn Ihnen Sandwatch also noch unbekannt ist, denken Sie darüber nach, ob Sie nicht auch Teil des Netzwerks werden wollen.

## STARTPUNKT

Diskutieren Sie mit den Schülern darüber, welche möglichen Auswirkungen der Klimawandel auf die Strände haben könnte, die sie kennen. *Mit welchen Veränderungen ist zu rechnen?*

Je nach Region gibt es unterschiedliche Antwortmöglichkeiten:

- Ein Anstieg des Meeresspiegels und daraus resultierende Küstenerosion. Küstenerosion kann auch Siedlungen (Gebäude, Straßen usw.) und Ökosysteme bedrohen. Der Verlust von Ökosystemen, wie etwa Mangroven, Korallenriffen, Seegraswiesen und Salzwiesen hat viele Folgen für die Existenzgrundlagen der Menschen. Schrumpfen-

de Strände können sich auch auf den Tourismus auswirken.

- Die Versauerung des Ozeans kann Ökosysteme im Wasser und an den Küsten beeinflussen und sich auf die Biodiversität, die Nahrungsmittelversorgung usw. auswirken.
- Ein Temperaturanstieg im Ozean wird sich auf Ökosysteme im Wasser und an den Küsten auswirken und beispielsweise zu Korallenbleichen führen.
- Wenn die Lufttemperatur in Regionen, die bereits heute sehr warm sind, noch weiter steigt, könnte das dazu führen, dass der Strand zu heiß wird und sich Touristen dort nicht mehr aufhalten wollen.

## SCHRITT 1

### STRAND AUSWÄHLEN UND POTENTIELLE PROBLEME AUSFINDIG MACHEN

#### EINEN STRAND AUSWÄHLEN

Um einen geeigneten Strand auszuwählen, sollten einige wichtige Punkte bedacht werden:

- **Sicherheit:** Der Strand sollte für alle Schüler sicher sein. Starke Strömungen und/oder ein hoher Wellengang stellen ein Risiko dar. Sicherheit muss immer Vorrang haben.
- **Strandgröße:** Manche Strände sind klein (weniger als 1 km lang) und von Felsen eingeschlossen. Diese sogenannten Buchtenstrände sind ideal für ein Monitoringprojekt. Wenn der Strand sehr lang ist, sollten sich die Schüler auf einen (ca. 1 km langen) Streckenabschnitt konzentrieren.
- **Bedeutung des Strandes für die Gemeinde:** Versuchen Sie einen Strand auszuwählen, der von den Menschen der Gegend genutzt wird und deshalb für den Ort wichtig ist. Dies wird sicherstellen, dass die Anwohner an dem Monitoringprojekt interessiert sind. Außerdem könnte es die Planung und Umsetzung eines Klimaschutzprojekts für den Strand erleichtern.
- **Wichtige Aspekte:** Eine starke Strandnutzung an Wochenenden, der Lieblingsstrand von Anwohnern und Touristen, oder eine Erosion nach den letzten Stürmen können für die Wahl eines bestimmten Strandes sprechen.

#### Denken Sie darüber nach, Informationen der Anwohner zu sammeln!

Sie können Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen, Umweltorganisationen oder Behörden vor Ort kontaktieren, um weitere Informationen zu sammeln und um zu entscheiden, welcher Strand besonders geeignet ist. Sehr oft werden Strände, die vom Klima-

wandel (oder anderen Faktoren) beeinträchtigt werden, bereits überwacht. Sie können die erhobenen Daten heranziehen und sie mit den von Ihren Schülern gesammelten Daten vergleichen. Außerdem vermitteln diese Daten eine Vorstellung der bereits erfolgten Veränderungen. In manchen Fällen können Ihre Messungen sogar ein wertvoller Beitrag für Wissenschaftler vor Ort sein!

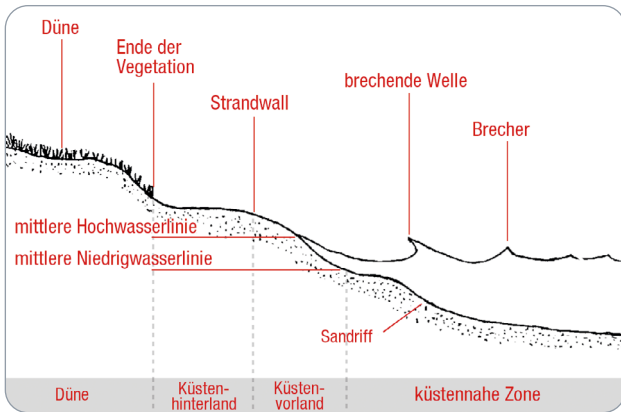
Sie könnten auch Personen interviewen, die schon seit langem in Strandnähe wohnen oder dort ein Geschäft aufgebaut haben: Diese Personen können Ihnen wichtige empirische Informationen zu der Entwicklung des Strandes geben und zu speziellen Problemen, mit dem der Strand zu kämpfen hat. Fischer wissen beispielsweise, wie sich die Fischbestände im Laufe der Jahre verändert haben, oder wie bedeutsam ein bestimmter Strand für die Fortpflanzung von Fischen ist, usw.

#### DIE GRENZEN IHRES STRANDES DEFINIEREN

Ein Strand ist eine Zone bestehend aus losem Material (Sand, Kies, Geröll), die von der Niedrigwasserlinie bis zu einer Stelle weiter landeinwärts reicht, wo sich die Topografie abrupt verändert oder die Vegetation beginnt. Wenn man diese Definition auf das folgende Diagramm überträgt, das einen Querschnitt (bzw. ein Strandprofil) darstellt, reicht der Strand von der Niedrigwasserlinie bis zum Rand der Vegetation. Das Land hinter dem Strand kann eine Düne sein, wie in dem gezeigten Querschnitt, oder eine Klippe, Felsen, flaches Land mit Bäumen und anderen Pflanzen oder bebautes Gelände. Ein Strandmonitoring umfasst alle Bereiche des Strandes.

Strände bestehen oft aus Sand und vielerorts wird der Ausdruck „Strand“ ausschließlich für Sandstrände gebraucht. Strände können aber auch aus Lehm, Schlick, Kies oder Geröll bestehen, oder aus einer Kombination all dieser Materialien.





Querschnitt eines Strandes

Ein Strand ist viel mehr als eine Zone aus losem Material an einem Ort, wo Wasser auf Land trifft: Ein Strand ist auch ein Küstenökosystem. Manchmal schauen sich Geologen, Ökologen und andere das „Strandsystem“ aus einer breiteren Perspektive an, das heißt auch den Unterwasserbereich bis zu einer Tiefe von 12 Meter. In den Tropen findet man dort Seegraswiesen und Korallenriffe – Ökosysteme, die den Strand mit Sand versorgen. Der Großteil des Sandes dieser küstennahen Zone wandert zwischen Strand und Meer hin und her. Eine breitere Perspektive kann auch das Land und die Böschung hinter dem Strand umfassen, bis hin zum Wassereinzugsgebiet, da Bäche und Flüsse Sedimente und Schadstoffe zum Strand und ins Meer befördern.

### DEN STRAND BEOBACHTEN UND EINE LANDKARTE ZEICHNEN

Bevor mit dem detaillierten Monitoring des Strandes begonnen wird, ist es wichtig, einen allgemeinen Überblick des Strandes zu bekommen und durch einfache Beobachtungen möglichst viele Informationen zu sammeln.

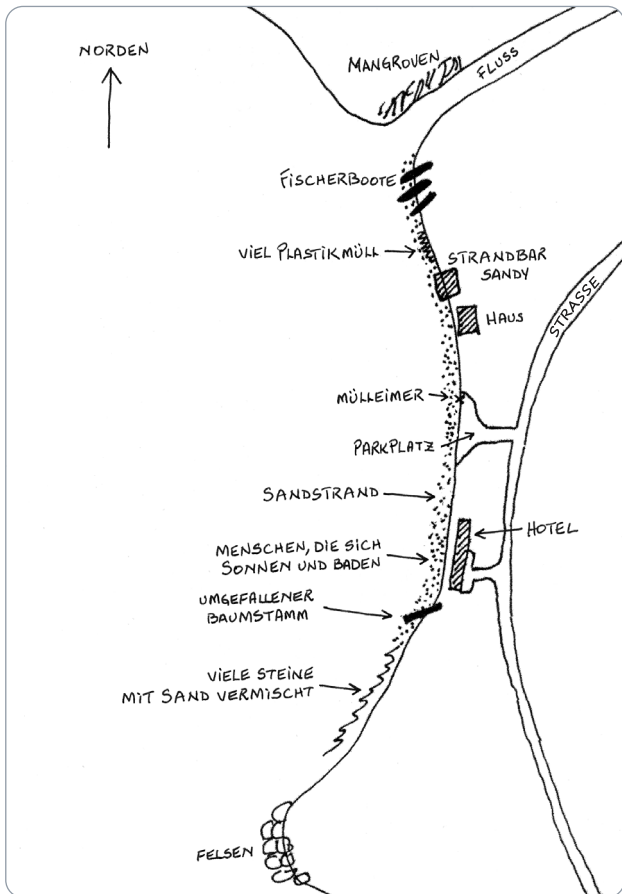
Teilen Sie die Schüler in Gruppen ein. Sie sollen den Strand auf- und abgehen und alles aufschreiben, was sie sehen. Wenn der Strand sehr viele unterschiedliche Merkmale aufweist, können die einzelnen Gruppen nach jeweils unterschiedlichen Dingen Ausschau halten. Eine Gruppe kann z. B. Gebäude und Straßen erfassen, eine andere Gruppe Pflanzen und Bäume, eine dritte Gruppe menschliche Aktivitäten usw. Ziel dieser Übung ist es, eine Landkarte zu erstellen. Die Schüler sollten daher die unterschiedlichen Dinge und deren Standort auf dem Strand notieren. Zu den Dingen, nach denen Ausschau gehalten werden soll, zählen:

- das Strandmaterial: Größe (Sand, Kies, Geröll), Farbe, unterschiedliches Material in unterschiedlichen Strandabschnitten;

- Tiere (z. B. Krabben, Vögel, Haustiere, Muschelschalen);
- Pflanzen und Bäume (z. B. Seetang und Seegräser, Gräser, Pflanzen, Bäume hinter dem Strand);
- Fremdkörper, Abfall, Verschmutzung (z. B. Müll auf dem Strand oder im Wasser);
- menschliche Aktivitäten (z. B. Fischer, Fischerboote am Strand, Menschen, die sich sonnen, spazieren gehen, joggen oder baden, Schwimmer, Picknickgruppen);
- Gebäude hinter dem Strand, Strandbars und -restaurants, Häuser und Hotels, öffentliche Zugänge zum Strand;
- Wege zum Strand, Mülleimer, Schilder, Rettungstationen, Landungsstege;
- die Meeresbedingungen (z. B. ruhige oder raue See, Wellengang);
- Objekte im Meer (z. B. verankerte Bojen, vor Anker liegende Boote, mit Bojen abgegrenzte Schwimmbereiche).

Ermuntern Sie die Schüler, detailliertere Beobachtungen anzustellen (anstatt „drei Bäume“ zu notieren, könnten sie z. B. auch bestimmen, um welche Baumart(en) es sich handelt: zwei Palmen und ein Meertraubenbaum).

Lassen Sie die Schüler eine skizzenhafte Landkarte des Strandes anfertigen – entweder gemeinsam, individuell oder in Gruppen. Das folgende Bild zeigt ein Beispiel für eine Landkartenskizze. Sie können auch eine einfache Vorlage vorbereiten oder sogar eine topografische Karte kopieren, auf der die Schüler ihre Beobachtungen eintragen können. Der Vorteil einer solchen topografischen Karte ist, dass sie genau ist und dass mithilfe des Maßstabs Entfernungen gemessen werden können.



Beispiel für eine Strandskizze



Eine topografische Karte

### SICH AUF EIN PROBLEM KONZENTRIEREN

Nachdem die Schüler eine Skizze des Strandes angefertigt haben, ist es an der Zeit zu entscheiden, auf welches klimawandelbedingte Problem sich die Schüler konzentrieren wollen. Wir schlagen drei Beispiele vor: Stranderosion, Korallenbleiche und gefährdete Strandökosysteme.

## Beispiel 1 – Stranderosion

Strände verändern ihre Form und Größe von Tag zu Tag, von Monat zu Monat und von Jahr zu Jahr, vor allem aufgrund von Wellen, Strömungen und Gezeiten. Manchmal spielen auch menschliche Aktivitäten eine Rolle, beispielsweise wenn Sand für das Baugewerbe vom Strand abgetragen wird oder wenn ein Landungssteg gebaut wird. In Regionen, in denen sich der Wellengang im Laufe des Jahres (Sommer- und Winterwetter, Wellenbedingungen) stark verändert, kann das Strandprofil im Winter ganz anders aussehen als im Sommer. Normalerweise ist der freiliegende Teil des Strandes im Sommer wesentlich größer, vor allem nach großen Stürmen. Erosion findet statt, wenn Sand oder andere Sedimente des Strandes weggespült werden und der Strand dadurch schmaler wird. Der umgekehrte Prozess, Anlandung genannt, findet statt, wenn dem Strand Sand oder anderes Material hinzugefügt wird und er deswegen größer wird.

Der mit dem Klimawandel einhergehende Anstieg des Meeresspiegels trägt auch zu Veränderungen der

Strände bei: Mit steigendem Meeresspiegel werden die Strände nach und nach abgetragen, und die Morphologie des Strandes muss sich anpassen.

Bevor sie mit dem Strandmonitoring beginnen, sollten die Schüler möglichst viele Informationen sammeln. Wenn sie bereits mit Wissenschaftlern, Organisationen oder Behörden vor Ort gesprochen haben, haben sie u. a. vermutlich Dokumente und Informationen erhalten, wie der Strand früher einmal aussah und wie er sich entwickelt hat. Luftaufnahmen und topografische Landkarten sind besonders nützlich.

Luftaufnahmen werden oft in Landvermessungsstellen aufbewahrt, oder in Planungs- und Umweltbehörden. Luftaufnahmen werden von einem Flugzeug aus vertikal nach unten gemacht, sie zeigen die Vogelperspektive auf den Strand. Vielleicht gibt es Luftaufnahmen aus den 1960er oder 1970er Jahren? Luftaufnahmen und topografische Landkarten können genutzt werden, um Länge und Breite des Strandes zu bestimmen. Die Schüler können die Luftaufnahmen mit der selbst skiz-

zierten Landkarte vergleichen und schauen, ob sich etwas verändert hat. Webseiten wie OpenStreetMap oder Google Earth liefern in ein paar Klicks aktuelle Luftaufnahmen des Strandes – kostenlos. So erhalten die Schüler eine andere Perspektive auf ihren Strand. Besprechen Sie mit den Schülern anhand der zur Verfügung stehenden Dokumente folgende Fragen:

- Wie hat sich der Strand verändert?
- Sind diese Veränderungen gut oder schlecht?
- Mögt ihr den Strand von damals lieber oder den heutigen?
- Wie denkt ihr wird der Strand in zehn Jahren aussehen?

## SCHRITT 2 STRANDMONITORING

### DIE ENTWICKLUNG DER EROSION UND DER ANLANDUNG MESSEN

#### → Was muss man messen?

Eine besonders einfache Methode, um zu überprüfen, wie sich der Strand im Laufe der Zeit verändert, ob er zum Beispiel wächst oder schrumpft, ist die folgende: Man misst den Abstand zwischen einem Bezugspunkt hinter dem Strand, wie etwa einem Gebäude oder einem Baum, und der Hochwasserlinie. Die Hochwasserlinie ist der höchste Punkt am Strand, den die Wellen an einem bestimmten Tag erreichen. Normalerweise erkennt man diese Linie leicht: Es lagern sich an dieser Stelle Seetang, Muscheln oder kleine Holzstücke ab. Meistens ist der Strand dort, wo das Wasser hingekommen ist, auch dunkler und glatter (siehe Abbildung [Seite 163]).

Viele Orte an der Nordseeküste veröffentlichen Gezeitentafeln – in der lokalen Zeitung und/oder im Internet (z. B. auf der Seite des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie [[https://www.bsh.de/DE/DATEN/Gezeiten/gezeiten\\_node.html](https://www.bsh.de/DE/DATEN/Gezeiten/gezeiten_node.html)]).

Die Klasse kann den Strandbesuch so planen, dass sie bei Flut vor Ort ist – dann wird die Strandbreite ab dem Wasserrand gemessen. In einigen Regionen der Welt, zum Beispiel an der Ostsee, ist der Tidenhub sehr klein; es ist dann nicht besonders wichtig, ob bei Flut oder Ebbe gemessen wird. In anderen Regionen wiederum beträgt der Tidenhub mehr als einen Meter. In diesen Fällen ist es wichtig, die Messungen immer beim gleichen Gezeitenstand durchzuführen. Wenn die erste Messung beispielsweise bei Flut durchgeführt wird, sollten alle darauffolgenden Messungen ebenfalls bei Flut durchgeführt werden. Manchmal gibt es am Strand mehr als eine Linie mit Ablagerungen. In diesem Fall sollte ab der Linie gemessen werden, die dem Wasser am nächsten ist. Alle anderen Ablagerungen könnten aufgrund von Stürmen vor

- Basierend auf dem, was ihr über den Klimawandel gelernt habt, wie wird sich die Größe des Strandes verändern?

Um die Veränderungen ihres Strandes zu verstehen, müssen regelmäßig (über Jahre) Messungen gemacht werden. Diese Art von Projekt kann über mehrere Jahre hinweg mit derselben Klasse oder jedes Jahr mit einer anderen Klasse durchgeführt werden. So bleiben die Daten aktuell und können mit den Daten aus früheren Jahren bzw. mit älteren bestehenden Daten verglichen werden.

einigen Wochen oder Monaten entstanden sein. Die meisten Strände weisen unterschiedliche Zustände von Erosion und Anlandung auf, Sand kann sich zum Beispiel vom einen zum anderen Ende des Strandes verlagern. Wenn man also physische Veränderungen des Strandes kontrolliert, sollte man die Messungen an mindestens drei unterschiedlichen Stellen vornehmen, einmal nahe den beiden Enden und einmal in der Mitte (siehe Abbildung [Seite 163]).

#### → Wie muss man messen?

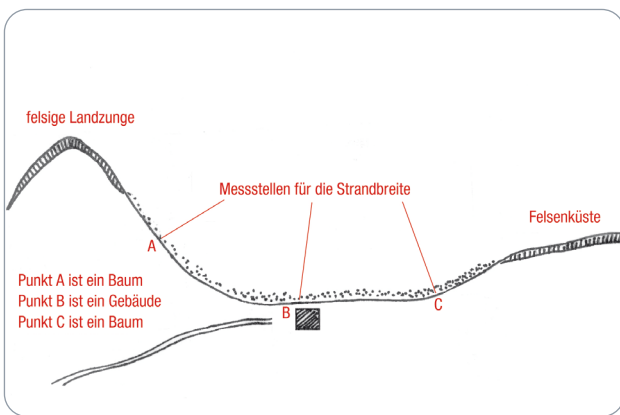
Die Schüler wählen ein Gebäude oder einen Baum als Bezugspunkt aus. Sie beschreiben ihn in ihren Notizen oder machen ein Foto. Anschließend messen sie mit einem straff am Boden gespannten Maßband den Abstand zwischen dem Gebäude und der Hochwasserlinie. Das Ergebnis sowie das Datum und die Uhrzeit werden aufgeschrieben. Der Messvorgang wird an der zweiten und dritten Messstelle wiederholt. Wenn der Strand oder Strandabschnitt etwa 1 km lang ist, sollten drei Messungen ausreichen. Sie können allerdings jederzeit zusätzliche Messstellen hinzufügen.

#### → Wann muss man messen?

Idealerweise werden die Messungen einmal im Monat durchgeführt. Aber auch wenn man die Messungen nur alle zwei oder drei Monate vornimmt, sind die Ergebnisse sehr interessant.



Ein Band aus Seetang markiert die Hochwasserlinie.



Messpunkte für die Strandbreite

## EIN STRANDPROFIL MESSEN

### → Was muss man messen?

Diese Aktivität ist eher für ältere Schüler der Sekundarstufe geeignet. Ein Strandprofil oder Strandquerschnitt ist eine genaue Messung des Gefälles und der Breite des Strandes. Im Laufe der Zeit kann man anhand der Messungen sagen, ob der Strand wächst oder schrumpft. Anstatt bloß die Strandbreite zu messen, muss für ein Strandprofil auch das Gefälle erfasst werden. Die Abbildung rechts unten zeigt, wie ein Strandprofil aufgrund eines Tropensturms erodiert wurde.

### → Wie muss man messen?

Es gibt viele unterschiedliche Möglichkeiten, ein Strandprofil zu messen. Die Methode, die in Anhang 2 des Sandwatch-Handbuchs beschrieben wird, ist relativ einfach. Das Strandprofil kann auch mit präzisen GPS-Daten ermittelt werden.

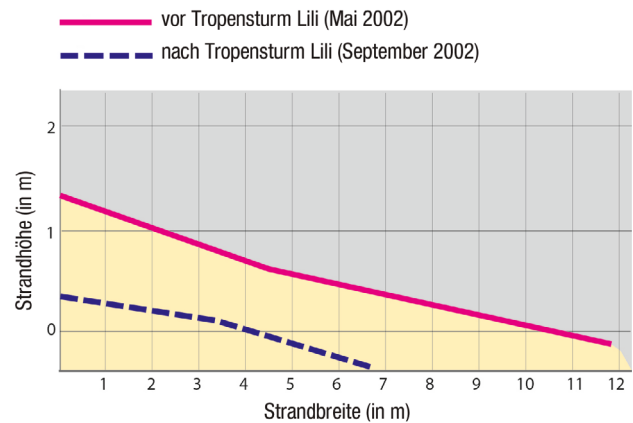
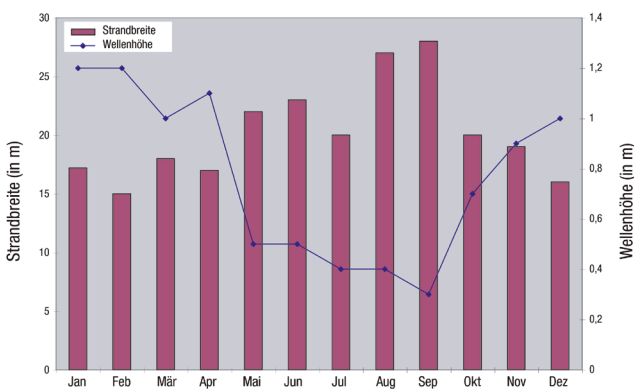
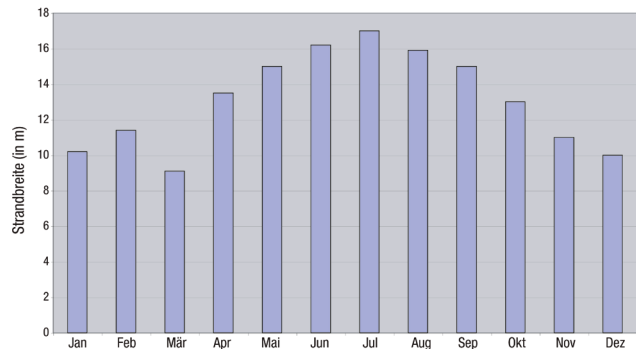
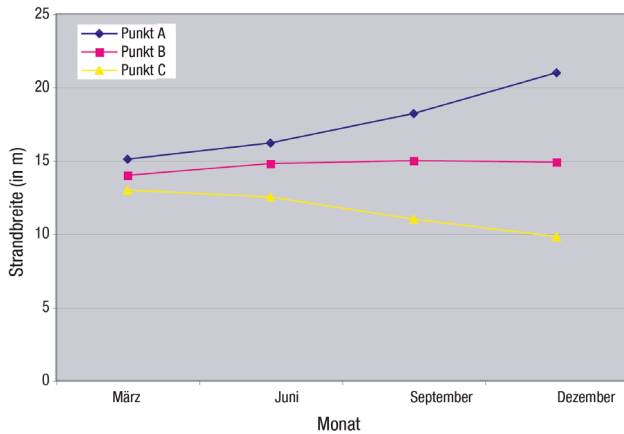
### → Wann muss man messen?

Strandprofile sollten idealerweise bei Ebbe (damit das Strandprofil länger ist) und mindestens alle drei Monate bestimmt werden. Wenn es zeitlich möglich ist, kann auch öfter gemessen werden.

## SCHRITT 3 DATEN ANALYSIEREN

Die Daten zeigen, inwiefern sich der Strand während des Monitoring-Zeitraums verändert hat und ob Sand hinzugekommen ist oder abgetragen wurde – möglicherweise hat die Strandbreite an einer Stelle zu- und

an einer anderen abgenommen. Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für Diagramme, die mit den gesammelten Daten der Strandbreite und des Strandgefälles erstellt werden können.



Beispiele für Diagramme, die mit den Daten der Strandbreite und des Strandgefälles erstellt werden können

Regelmäßige Messungen des Strandprofils geben nicht nur Aufschluss darüber, wie ein Strand auf einen Sturm oder Wirbelsturm reagiert hat, sondern auch wie/ob er sich danach wieder erholt hat. Nur dann, wenn das Strandprofil vor und nach jedem Sturm sorgfältig ausgemessen wird, kann bestimmt werden, wie sich der Strand genau verändert hat. Regierungsbehörden, wie auch Hoteliers oder Strandhausbesitzer könnten an den Strandprofil-Informationen interessiert sein. Viele denken, dass sie die Veränderungen eines Strandes mit bloßem Auge erkennen können, aber Veränderungen können komplex sein, und das Gedächtnis der Menschen ist nicht immer so gut, wie man das gern glauben würde.

Die Schüler analysieren ihre Daten und versuchen zu verstehen, was mit ihrem Strand geschieht.

- Findet überall Erosion statt?
- Gibt es an einer Stelle Erosion und an einer anderen Anlandung?
- Gibt es Gebäude, Pflanzen, Tiere oder Strandnutzer, die von einer Erosion bedroht sind?

Wenn die Schüler die Auswirkungen des Klimawandels auf die potenzielle Erosion ihres Strandes bewerten, müssen sie zwei Dinge mitbedenken:

- Die Auswirkungen des Klimawandels lassen sich nur in einem Zeitraum von mehreren Jahren messen.
- Es gibt neben dem Klimawandel noch andere Faktoren, die zur Stranderosion beitragen. Die Bestimmung des Strandprofils und seine Veränderung geben keinen Aufschluss über die genaue Erosionsursache.

Wenn beide Aspekte mitbedacht werden, können die gemessenen Daten dennoch sehr nützlich sein. Wenn die Schüler beispielsweise beobachten (indem sie ihre neuen Messungen mit alten Daten oder mit Daten von anderen Institutionen vergleichen), dass ihr Strand jedes Jahr kleiner wird, dann zählt nur eins: Es sollte versucht werden, eine weitere

Verkleinerung zu verhindern, ganz gleich welches die Ursache ist! Die von den Schülern gesammelten Daten (wie etwa Strandprofile) sind die Grundlage für die Planung einer Stärkung der Widerstandsfähigkeit des Strandes gegenüber den künftigen Auswirkungen des Klimawandels.

## SCHRITT 4 LÖSUNGEN UMSETZEN

Wenn nach Auswertung der Daten herauskommt, dass eine Erosion des Strandes stattfindet, können die Schüler versuchen herauszufinden, wie man die Erosion verlangsamen könnte. Es sollten allerdings Maßnahmen sein, die auch von Schülern durchgeführt werden können. Der Bau von Uferdämmen oder das Aufschütten von Sand sind daher keine Optionen. Trotzdem gibt es einiges, was die Schüler tun können, um die Küste zu schützen.

Intakte Dünen spielen für den Küstenschutz eine wichtige Rolle. Schützt man die Dünen, kann die Küstenerosion aufgehalten werden. Schüler können zum Beispiel:

- Dünen bepflanzen/pflegen;
- kleine Zäune bauen, um zu verhindern, dass (i) Menschen über die Dünen laufen (Zugangskontrollzäune) oder (ii) Winderosion die Dünen abträgt (Sandfangzäune);
- den Sand der Dünen mit toten Zweigen bedecken, die als Windschutz dienen und/oder neu angepflanzte Vegetation schützen;
- Schilder malen und diese in der Nähe von gefährdeten Zonen aufstellen, damit Menschen informiert werden, wie sie sich verhalten sollten (Beispiel: „Die Dünen schützen uns vor Küstenerosion. Bitte nicht betreten!“).



Von Schülern als Teil eines Sandwatch-Projekts bepflanzte Dünen



Mit Ästen bedeckte Dünen an der Atlantikküste Frankreichs

# Beispiel 2 – Korallenbleiche

Veränderungen der Umgebungsbedingungen, wie etwa der Wassertemperatur, der Lichtmenge oder der Nährstoffe, können Korallen strapazieren. Wenn sie solchen Stresssituationen ausgesetzt sind, stoßen die Korallen aus ihrem Gewebe die symbiotischen Algen aus, die ihnen ihre schönen Farben verleihen: Sie werden daraufhin weiß. Dieses Phänomen nennt man Korallenbleiche. Eine Korallenbleiche bedeutet nicht, dass die Korallen tot sind – wenn sie robust und gesund sind und die Stresssituation nicht zu lange andauert, können sie sich wieder erholen.

## SCHRITT 2 STRAND ÜBERWACHEN

Um zu verstehen, was eine Korallenbleiche auslöst, müssen die Schüler ihren Strand beobachten. Bevor sie allerdings damit beginnen, sollten sie recherchieren, ob es in der Vergangenheit bereits Korallenbleichen in der Gegend gegeben hat. Dazu können die Schüler Strandbenutzer (z. B. Fischer oder Taucher) oder die Fischereibehörde befragen. Wenn die Antwort beispielsweise lautet „Mitte August vor zwei Jahren“, können die Schüler die Tagestemperatur vom 1. Juli bis zum 30. September der letzten drei Jahre recherchieren. Anschließend können sie ein Diagramm mit den Tagestemperaturen für jedes der drei Jahre erstellen und prüfen, ob die Temperaturen im Jahr der Korallenbleiche höher waren und/oder ob es eine längere Hitzewelle gab. Durch die Untersuchung der Temperaturdaten bekommen die Schüler einen Überblick über die Entwicklung „ihres“ Korallenriffs im Laufe der Jahre.

### MONITORING EINER AKTUELLEN KORALLENBLEICHE

#### → Was muss man messen?

Die Wassertemperatur an der Meeresoberfläche. Es sollte festgestellt werden, ob gerade eine Korallenbleiche stattfindet oder nicht.

#### → Wie muss man messen?

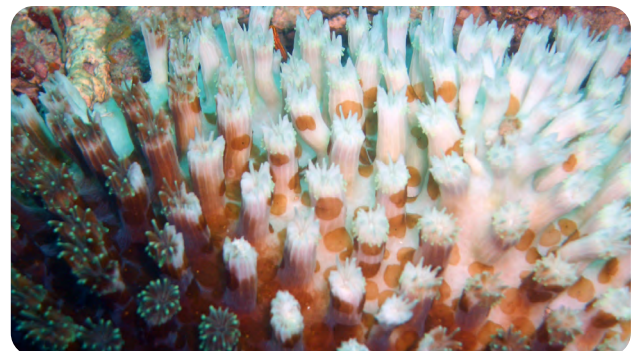
Die Wassertemperatur an der Meeresoberfläche sollte in den drei heißesten Monaten des Jahres täglich, oder zumindest so oft wie möglich, gemessen werden. Wichtig ist, immer zur gleichen Tageszeit zu

Die mit dem Klimawandel einhergehenden steigenden Wassertemperaturen gefährden Korallen auf der ganzen Welt. Zwischen 2014 und 2017 waren 75% aller Riffe von einer weltweiten Korallenbleiche betroffen. Es werden voraussichtlich 75% aller Korallenriffe verloren gehen, wenn die globale Temperatur um weitere 0,5°C ansteigt, und wenn durch Menschen verursachte Stressfaktoren, die die Korallensterblichkeit zusätzlich erhöhen, nicht verringert werden.

messen. (Die Wassertemperatur an der Meeresoberfläche hinkt der Lufttemperatur oft mindestens einen Monat hinterher. Wenn also Juli der Monat mit den heißesten Lufttemperaturen ist, kann es sein, dass die Wassertemperatur im August am heißesten ist.) Wenn die Schüler die Möglichkeit haben, gefahrlos zu einem Riff zu waten oder darüber zu schwimmen oder zu schnorcheln, können sie direkt beobachten, ob sich weiße Flecken auf den Korallen bilden. Wenn das der Fall ist, sollten sie ihre Beobachtungen aufschreiben und/oder fotografieren (die Abbildung unten zeigt eine partielle Korallenbleiche). Die Schüler können eine eventuell vorhandene Korallenbleiche mit den Messungen der Oberflächenwassertemperatur korrelieren.

#### → Wann muss man messen?

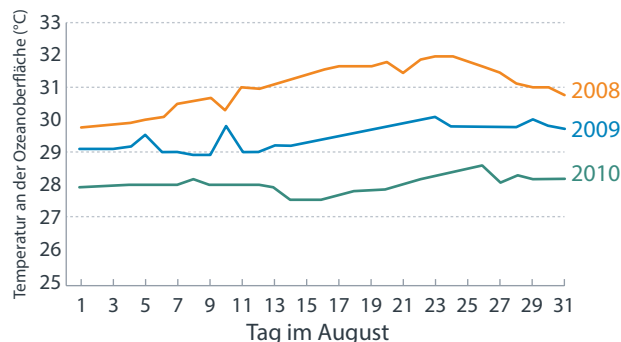
In den drei heißesten Monaten des Jahres.



Partielle Korallenbleiche

## SCHRITT 3 DATEN ANALYSIEREN

Die Messungen werden zeigen, dass eine Korallenbleiche dann vorkommt, wenn die Temperatur an der Wasseroberfläche über eine lange Zeit hinweg sehr hoch ist, etwa über 30°C – auch wenn diese Temperatur sehr unterschiedlich sein kann, je nachdem wo man sich befindet. Besprechen Sie mit den Schülern, was passiert, wenn Korallen ausbleichen, ob sich die Korallen wieder erholen können und welche Auswirkungen das auf den Strand haben könnte.



Beispiel für Messungen der Wassertemperatur an der Meeresoberfläche in den Tropen

## SCHRITT 4 LÖSUNGEN UMSETZEN

Wenn die Schüler nach der Analyse ihrer Daten feststellen, dass es an ihrem Strand eine oder mehrere Korallenbleichen gegeben hat, ist es an der Zeit, sich über Maßnahmen zu informieren, die eine Korallenbleiche abmildern können.

Eine Korallenbleiche geht einher mit wärmeren Oberflächenwassertemperaturen. Leider ist es nicht möglich, das Wasser zu kühlen. Allerdings sind gesunde Korallen widerstandsfähiger gegenüber wärmerem Wasser. Solange die Umstände, die die Bleiche verursachen, nur sporadisch sind, kann es helfen, die Gesundheit der Korallen zu stärken und neue, gesunde Korallen zu pflanzen. Mithilfe dieser beiden Maßnahmen kann die Widerstandsfähigkeit des Korallenökosystems gesteigert werden.

### BEISPIEL EINES SANDWATCH-PROJEKTS: SCHÜLER IN DEN BAHAMAS ERSTELLEN EIN BILDFRIES AM STRAND, UM DAS RIFF VOR RÜCKSICHTSLOSEN TOURISTEN ZU SCHÜTZEN.

Nachdem sie ihre Daten in einem Diagramm dargestellt und analysiert haben, kamen die Schüler zu dem Schluss, dass Touristen das Hauptproblem für das kleine Riff darstellten, das sich ungefähr 20 Meter vor dem Strand befindet. Sie haben beobachtet, wie Besucher auf dem Riff standen, um ihre Masken zu richten, Korallenstücke als Souvenirs abbrechen und sogar in Strandnähe mit Speeren fischten. Die Tabelle unten fasst den Aktionsplan dieses Projekts zusammen.

AKTION	ZEITPLAN	INVOLVIerte PERSONEN	AKTIVITÄTEN UND BENÖTIGTE MATERIALIEN	ERWARTETES ERGEBNIS
1. Den Inhalt des Bildfrieses planen und entwerfen.	Januar bis Februar	Viertklässler mit verschiedenen Lehrern (Kunst/Holzbearbeitung, Naturwissenschaft, Deutsch)	Strandbesuch, um die Lage zu beurteilen	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Bilderfolge und Botschaften, die das Bildfries vermitteln soll;</li> <li>b. Skizze einer Landkarte und Fotos, die zeigen, wo das Bildfries aufgestellt werden soll;</li> <li>c. Liste der notwendigen Materialien</li> </ul>
2. Mit Landbesitzern, Strandverwaltern oder Behörden sprechen, um die Erlaubnis zu bekommen, das Bildfries aufzustellen.	März bis April	Lehrer der 4. Klasse und der Schuldirektor organisieren Treffen mit: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Behörden, die für den Strand, Landschaftsplanung und Umwelt verantwortlich sind;</li> <li>b. Vertretern der verschiedenen Strandnutzungsgruppen.</li> </ul>	Das Projekt besprechen und eine Erlaubnis für das Aufstellen des Bildfrieses erhalten.	Schriftliche Erlaubnis von den zuständigen Behörden, um das Bildfries vorzubereiten und zu bauen.



AKTION	ZEITPLAN	INVOLVIERTE PERSONEN	AKTIVITÄTEN UND BENÖTIGTE MATERIALIEN	ERWARTETES ERGEBNIS
3. Das Bildfries vorbereiten und aufstellen	Mai bis Juni	a. Finanzierungsquellen für das nötige Material finden; b. Schüler bereiten das Bildfries vor.	Materialien und Farbe	Offizielles Event zur „Eröffnung“ und Öffentlichkeitsarbeit
4. Sandwatch-Schüler bewerten die Auswirkungen des Bildfrieses.	Juli bis August	Viertklässler führen eine Umfrage unter den Strandbesuchern durch, um die Auswirkungen des Bildfrieses zu bewerten. Sie planen weitere Aktivitäten zur Bewusstseins-schaffung.	Recherche und Beratungen mit Experten vor Ort.	Das Projekt und das Gelernte bewerten.

Neue Korallen zu pflanzen ist eine weitere Möglichkeit, um die Widerstandsfähigkeit von Korallenriffen zu stärken.

Um es richtig zu machen, versuchen Sie Wissenschaftler oder Organisationen vor Ort ausfindig zu machen, die Ihnen und Ihren Schülern bei der Umsetzung eines solchen Projekts helfen können.



Korallenplantage in Malaysia

## Beispiel 3 – Gefährdete Strandökosysteme

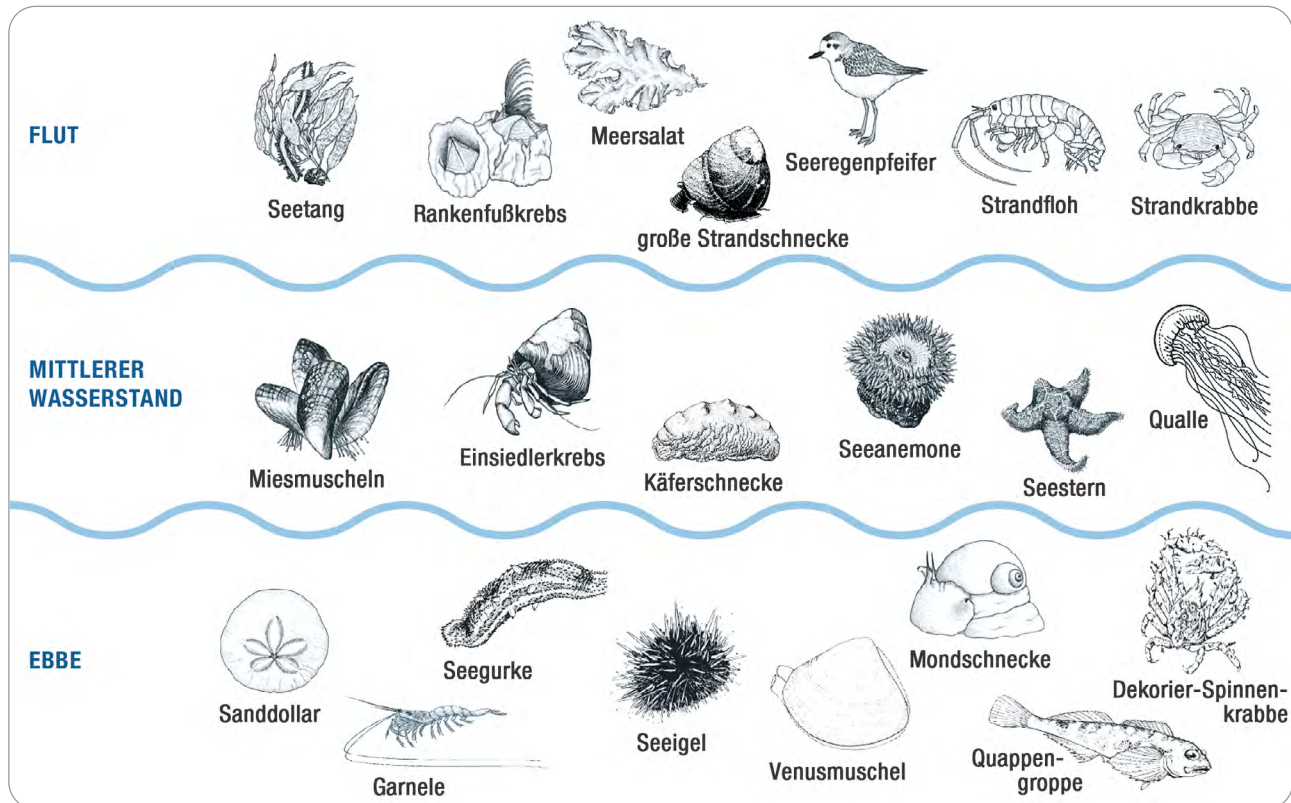
Auch wenn Strände auf den ersten Blick wie karge Sandwüsten aussehen, sind sie in Wirklichkeit Übergangsbereiche zwischen Ökosystemen – sogenannte „Ökotonen“ – mit einer großen Artenvielfalt. Sie sind eine wichtige Verbindung zwischen Lebensräumen im Meer und an Land. Sandstrände sind für Pflanzen und Tiere eine unbeständige Umgebung, vor allem weil die obersten Schichten des Strandes durch die Einwirkung von Wellen und Wind ständig in Bewegung sind. Deshalb sind dort heimische Lebewesen besonders gut auf das Überleben in dieser Art von Umgebung ausgerichtet. Viele vergraben sich zum Schutz vor Wellen und Raubtieren im Sand oder um bei Ebbe nicht auszutrocknen. Andere halten sich nur vorübergehend am Strand auf, wie etwa Vögel oder Fische. Auch wenn sich unterschiedliche Tiere in unterschiedlichen Zonen aufhalten, bewegen sie sich oft gemeinsam mit den Gezeiten strandauf- und -abwärts. Die Abgrenzung verschiedener Zonen ist entlang von Sandstränden daher nicht so deutlich wie an felsigen Stränden.

Ein Strandökosystem umfasst alle Interaktionen zwischen Lebewesen und der physikalischen Strandumgebung. Deswegen zählen Vögel und Krabben genauso zum Ökosystem wie Sand und Wellen.

Pflanzen am und hinter dem Strand spielen eine wichtige Rolle: Sie tragen zur Stabilisierung des Strandes bei und beugen Erosion vor. Landeinwärts, hinter der Hochwasserlinie, überwiegen Kletterpflanzen und Gräser, die dann kleinen, salzresistenten Büschen weichen und schließlich Bäumen. In tropischen Gegenden stößt man oft auf die Strandwinde, auch Ziegenfuß-Prunkwinde genannt (*Ipomoea pes-caprae*), eine rankende Pflanze, die häufig die Strandoberfläche bedeckt. Weiter landeinwärts gibt es Küstenbäume, zu denen in tropischen Gegenden etwa der Meertraubenbaum (*Cocoloba uvifera*), der Portiabaum (*Thespesia populnea*), die Kokospalme (*Cocos nucifera*), der Manchinellbaum (*Hippomane mancinella*) und der Katappenbaum (*Terminalia catappa*) gehören. Die Veränderung von niedrigen Kletterpflanzen und Gräsern hin zu ausgewachsenen Bäumen bezeichnet man als Vegetations-sukzession.

Viele der erwarteten Folgen des Klimawandels werden Strandökosysteme negativ beeinflussen, vor allem der Anstieg des Meeresspiegels, die Versauerung der Ozeane und der Temperaturanstieg. Einheimische und vorbeiziehende Arten (z. B. Meeresschildkröten und Zugvögel) werden betroffen sein. Stranderosion

wird den Lebensraum für Pflanzen und Tiere am Strand verringern. Das schlimmste Szenario wäre der Verlust des kompletten Strandes. Der Strand kann sich aber auch landeinwärts ausbreiten – das Strandökosystem bleibt in diesem Fall erhalten.



Häufig vorkommende Pflanzen und Tiere zwischen Ebbe und Flut

## SCHRITT 2 STRANDMONITORING

Damit die Schüler bewerten können, wie sich der Klimawandel auf ihr Strand-Ökosystem auswirkt, müssen sie ihren Strand beobachten. Davor sollten sie versuchen herauszufinden, wie der Zustand des Ökosystems in der Vergangenheit war. Strandnutzer (z. B. Fischer oder Taucher) oder Organisationen vor Ort könnten interessante Informationen liefern.

### PFLANZEN UND TIERE AM STRAND BEOBACHTEN UND INVENTARISIEREN

#### → Was muss man beobachten/inventarisieren?

Die Verteilung von Pflanzen und Tieren in den unterschiedlichen Strandabschnitten sowie hinter den Dünen (bis zur Waldzone).

#### → Wie muss man beobachten/inventarisieren?

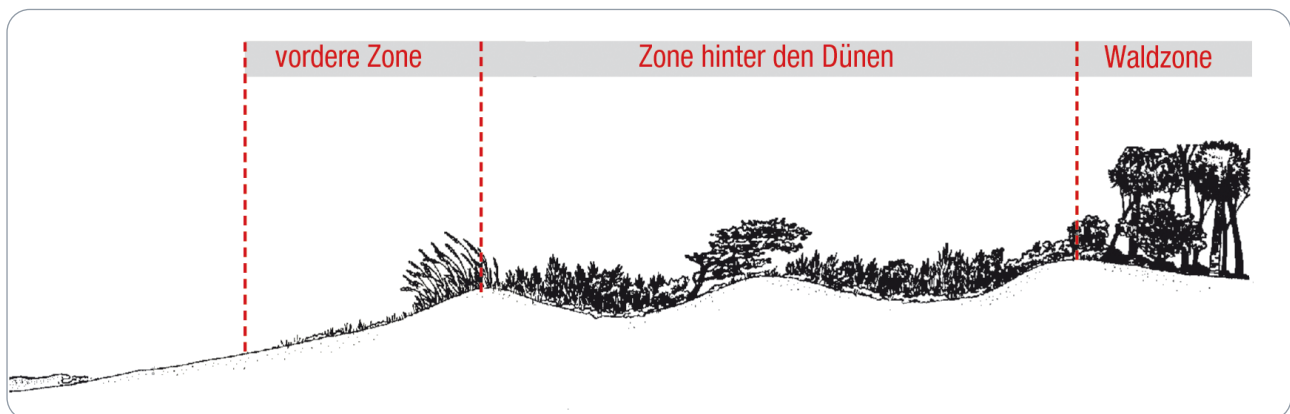
Für diese Aktivität können z. B. zehn verschiedene Objekte vom Strand gesammelt und in Behältern aufbewahrt werden. Es sollte notiert werden, wo

genau jedes Objekt gefunden wurde. Die einfachste Methode ist es, ein Profil (Querschnitt, senkrecht zur Küste) zu definieren, das von der Niedrigwasserlinie bis zur Waldzone reicht (und die vordere Küstenzone, den hinteren Teil des Strandes, die Dünen und den Bereich hinter den Dünen einschließt – siehe Abbildung in „Schritt 1“ auf Seite 159).

Die Schüler sollten keine lebendigen Tiere mitnehmen und von lebenden Pflanzen sollten sie nur ein kleines Stück oder ein Blatt abreißen oder – noch besser – ein Foto machen. Flora und Fauna sollten beobachtet aber erhalten werden. Um besser bestimmen zu können, in welchem Bereich jedes Objekt gesammelt wurde, können die Schüler ein Maßband verwenden und die Abstände notieren.

#### → Wann muss man beobachten/inventarisieren?

Bei Ebbe, um auch Informationen über Tiere und Pflanzen zu erhalten, die in der Gezeitenzone leben (siehe Abbildung).



**Vegetationssukzession:** In der vorderen Zone wachsen Gräser und Kletterpflanzen, gefolgt von Büschen und Kräuterpflanzen, und schließlich Bäume (nach Craig, 1984).

## SCHRITT 3 DATEN ANALYSIEREN

Die Schüler sollen biologische und nicht-biologische Fundstücke, sowie Pflanzen und Tiere trennen. Anschließend sollen sie die gesammelten Objekte bestimmen. Sie können jedes Objekt detailliert beschreiben, ein Foto hinzufügen, etwas über das Verhalten aufschreiben – Ernährung, Bewegung, Fortpflanzung, Schutz. Sie können mit den Schülern diskutieren, ob der Klimawandel Auswirkungen auf die verschiedenen Tiere und Pflanzen haben wird und wie man diese schützen könnte. Stellen Sie, wenn Sie diese unterschiedlichen Themen besprechen, immer eine Verbindung zu den Umweltbedingungen der unterschiedlichen Zonen her (der Strand beispielsweise ist bei einem Sturm hohem

Wellengang und der Gischt ausgesetzt, wohingegen die Bereiche hinter den Dünen und im Wald vor Wind und Gischt besser geschützt sind, so dass die Bodenqualität und das Nahrungsangebot dort eventuell besser sind).

Wenn die Schüler mit der detaillierten Beschreibung der Verteilung von Tieren und Pflanzen in ihrem Küstenökosystem fertig sind, müssen sie diese mit den entsprechenden Daten aus den vergangenen Jahren vergleichen. Sie sollten herausfinden, was sich seitdem geändert hat und welche Veränderungen auf den Klimawandel zurückzuführen sind. Sie könnten beispielsweise herausfinden, dass:

→ sich die Verteilung und/oder die Anzahl vieler Arten in den unterschiedlichen Zonen des Strandes verändert haben.

Es kann zum Beispiel sein, dass der Strand schmaler geworden ist, weil Gebäude entlang der Küste verhindern, dass sich der Strand und das Dünen-System nach dem Anstieg des Meeresspiegels landeinwärts verschieben. In diesem Fall sind die Dünen oft zumindest teilweise erodiert, und es gibt vermutlich entweder weniger einheimische Tiere und Pflanzen in dieser Zone, oder gar keine mehr, oder sie wurden durch andere Arten verdrängt.

Auch bei felsigen Stränden kann sich die Anzahl und die Verteilung von Tieren und Algen verändern (Miesmuschelbänke können z. B. kleiner werden, weil es mehr Fressfeinde gibt). Die Versauerung der

Ozeane kann dazu führen, dass sich andere Arten auf den Felsen wohlfühlen.

Arten, die in der Gezeitenzone heimisch sind, bewegen sich vermutlich weiter den Strand hinauf.

→ Wenn es in dem Küstenökosystem Salzwiesen oder Mangroven gibt, können die Schüler vielleicht beobachten, wie diese bewachsenen Zonen sich landeinwärts verlagern und/oder verschwinden, und damit auch die Tiere, die in diesen Ökosystemen leben.

Wenn Organisationen oder Wissenschaftler an dem Strand arbeiten, können die Schüler ihnen vielleicht helfen, weitere Veränderungen des Küstenökosystems festzustellen.

## SCHRITT 4 LÖSUNGEN UMSETZEN

Sobald die Schüler festgestellt haben, welche Pflanzen und Tiere an ihrem Strand besonders gefährdet sind, können sie sich überlegen, was sie tun können, damit sich die Habitate dieser Arten erholen. Vielleicht sind die Verantwortlichen offen dafür, dass zusätzliche Bäume, Mangroven oder Dünenpflanzen gepflanzt werden. Sie werden erklären müssen, dass diese Pflanzen dem Strandökosystem helfen werden, mit dem Klimawandel fertigzuwerden. Es sollten natürlich nur einheimische Pflanzen angepflanzt werden, die auch früher schon in dieser Region vorkamen bzw. noch heute dort wachsen (wenn auch nur schlecht). Diese Pflanzen sind dem Klimawandel gegenüber widerstandsfähiger als Pflanzen, die aus anderen Regionen importiert werden. Suchen Sie nach Partnern, die Ihnen bei diesem Projekt helfen können (z. B.

Landwirtschaftsministerium, Freiwillige in der Gemeinde, Umweltorganisationen und NGOs).

- Die Schüler sollten ein Plan zur Bepflanzung erstellen (einheimische Baumarten, Anzahl der Setzlinge, Abstand zwischen den Setzlingen, Bedarf an Biodünger). Auch Folgemaßnahmen müssen geplant werden; sie sind notwendig, damit die jungen Pflanzen gehegt und gepflegt werden.
- Wenn die Schüler Bäume pflanzen, sollten sie diese Aktivität publik machen.
- Es sollte sorgfältig überwacht werden, wie viele der Setzlinge die ersten sechs Monate überstehen. Die Bäume müssen regelmäßig gegossen werden, denn der Strand ist für neue Pflanzen eine sehr raue Umgebung.



Schülerinnen mit Mangrovensetzlingen in Kambodscha

# KLIMASCHUTZPROJEKT

## EINEN PEDIBUS EINRICHTEN



### FACH

Klimaschutz: der Schulweg

### ALTERSGRUPPE

1. – 5. Klasse

### ZIELGRUPPE

Schulen in städtischen Gegenden

### ÜBERBLICK

Die Schüler planen und organisieren einen Pedibus – einen laufenden Bus. Damit soll die Zahl der Autofahrten zwischen ihrem Zuhause und ihrer Schule reduziert werden. Die Schüler machen eine Umfrage in ihren Familien und erarbeiten mehrere Routen für ihren Pedibus. Sie müssen an die Sicherheit denken, Schilder entwerfen und anbringen, Zeitpläne festlegen usw. Sie sorgen auch für einen Dialog zwischen den lokalen Behörden und den Eltern, damit der Pedibus erfolgreich umgesetzt werden kann.

### LISTE DER EINZELNEN SCHRITTE

<b>SCHRITT 1</b> – Wie kommen wir zur Schule?	Schüler führen eine generationenübergreifende Umfrage in ihren Familien durch, um herauszufinden, wie sich tägliche Wege zur Schule/zur Arbeit im Laufe der letzten 50 Jahre entwickelt haben.
<b>SCHRITT 2</b> – Welche Strecke ist die beste für unseren Pedibus?	Die Schüler suchen auf einem Straßenplan der Schulunggebung, wo die einzelnen Schüler wohnen. Sie erstellen einen ersten Entwurf für eine Strecke für den Pedibus.
<b>SCHRITT 3</b> – Welche Regeln müssen befolgt werden?	Ein Mitarbeiter des Rathauses kommt in die Schule, um die ausgewählte Strecke zu begutachten und um die Regeln für den Pedibus festzulegen.
<b>SCHRITT 4</b> – Ist unser Streckenplan umsetzbar?	Schüler testen ihre Strecken für den Pedibus, um zu überprüfen, ob diese auch umsetzbar und sicher sind.
<b>SCHRITT 5</b> – Wie kommunizieren?	Die Schüler planen, wie die Kommunikation zum Pedibus erfolgen soll: mit den Eltern, über die Strecke, für die Gemeinde.
<b>SCHRITT 6</b> – Test und Start	Alles bereit für Tag X!
<b>SCHRITT 7</b> – Sicherstellen, dass der Pedibus langfristig bestehen bleibt	Wie lässt sich sicherstellen, dass das Projekt langfristig fortgesetzt wird und auch die ganze Schule und die Gemeinde eingebunden werden?

## SCHRITT 1

### WIE KOMMEN WIR ZUR SCHULE?

Beginnen Sie das Projekt, indem Sie mit den Schülern über die Auswirkungen des Autofahrens auf den Klimawandel sprechen.

Bitte Sie jeden Schüler, einen kurzen Fragebogen mit einfachen Fragen wie diesen zu beantworten:

- *Wie kommst du normalerweise zur Schule?*
- *Wie lange dauert es?*
- *Wie weit ist die Schule von deinem Zuhause entfernt?*
- *Wärst du bereit, zu Fuß zur Schule zu gehen, wenn Eltern dich begleiten?*

Nach einer kurzen Diskussion ergibt sich, dass viele Schüler in städtischen Gegenden (zumindest in Industriestaaten) oft mit dem Auto zur Schule gebracht werden, trotz der meist kurzen Schulwege.

Fragen Sie die Schüler, ob sie denken, dass das für ihre Eltern und Großeltern ähnlich war und wie sie das herausfinden könnten. Die Schüler können zum Beispiel eine generationenübergreifende Umfrage durchführen.

Lassen Sie die Schüler den Inhalt des Fragebogens gestalten und die Umfrage organisieren. Der Fragebogen könnte zum Beispiel Fragen wie die folgenden beinhalten (die letzten beiden Fragen richten sich eher an Eltern als an Großeltern):

- *Wie alt bist du?*
- *Wie bist du zur Schule gegangen, als du ein Kind warst?*
- *Wie lange hat das gedauert? (Weniger als 10 min; zwischen 10 und 30 min; mehr als 30 min.)*
- *Wie weit war die Schule von deinem Zuhause entfernt? (Weniger als 1 km; zwischen 1 und 3 km; mehr als 3 km.)*
- *Wie fährst du zur Arbeit (oder an einen anderen Ort, an dem du täglich sein musst)? Beschreibe genau die Entfernung und die Zeiten für jedes der verwendeten Verkehrsmittel.*
- *Wie hat sich der Komfort und die Art der Verkehrsmittel deiner Meinung nach verändert?*
- *Wenn es einen Pedibus gäbe (die Schüler gehen zu Fuß zur Schule und werden von Erwachsenen begleitet), wärst du damit einverstanden, dass dein Kind mit dem Pedibus zur Schule geht?*
- *Wärst du bereit, bei der Umsetzung des Pedibusses mitzuhelfen und Kinder zu begleiten, die zu Fuß zur Schule gehen wollen?*



Nachdem die Schüler die Umfrage in ihren Familien durchgeführt haben, vergleichen sie die Ergebnisse<sup>1</sup>. In vielen Industriestaaten haben Eltern oder Großeltern weite Strecken zur Schule zurückgelegt – und das zu Fuß oder mit dem Fahrrad. Heutzutage bringen viele Eltern ihre Kinder mit dem Auto zur Schule, und das obwohl die Schulwege der Kinder oft sehr kurz sind.

Sprechen Sie über die Vorteile, zu Fuß zur Schule zu gehen: Es vermeidet CO<sub>2</sub>- und Feinstaubemissionen, reduziert den Autoverkehr rund um die Schule und erhöht damit die Verkehrssicherheit, es hilft Menschen dabei, ihre Nachbarschaft neu zu entdecken usw.

Sprechen Sie über das Wort „Pedibus“<sup>2</sup>: Ein Pedibus ist ein öffentliches Verkehrsmittel mit Regeln (Haltestellen, Zeitplänen, Strecken), bei dem Schüler von Erwachsenen in die Schule begleitet werden (gewöhnlich von Eltern – sie sind die „Fahrer“).

Sprechen Sie mit den Schülern darüber, wie ein Pedibus organisiert werden könnte. Schüler könnten folgendes vorschlagen:

- Herausfinden, wo jeder Schüler wohnt.
- Entscheiden, wo die Haltestellen sein könnten.
- Strecken finden.
- Zeitpläne festlegen.
- „Fahrer“ finden.
- Herausfinden, ob andere Klassen der Schule interessiert sind.
- Mit Eltern kommunizieren (ihnen die Strecke und den Zeitplan geben, das Prinzip erklären).
- Mit dem Rathaus und der Polizei kommunizieren (für die Sicherheit).

1 Diese Aktivität bietet die Möglichkeit, Mathematik zu machen (Statistik, Mittelwerte, Summen) oder zu lernen, wie man Informationen darstellt (Tabellen, Diagramme).

2 Beispiele: [www.vcd.org/themen/mobilitaetsbildung/vcd-laufbus/](http://www.vcd.org/themen/mobilitaetsbildung/vcd-laufbus/) (Deutschland), [www.schulmobilitaet.at/start.asp?ID=74](http://www.schulmobilitaet.at/start.asp?ID=74) (Österreich), <https://pedibus.ch/> (Schweiz)

## SCHRITT 2

### WELCHE STRECKE IST DIE BESTE FÜR UNSEREN PEDIBUS?

Finden Sie einen großen Straßenplan der Stadt oder des Viertels (je nach Größe der Stadt). Jede Schülergruppe sollte außerdem eine kleinere Version des Straßenplans haben. Fündig werden Sie z. B. auf Google Maps ([www.google.de/maps/](http://www.google.de/maps/)) oder OpenStreetMap ([www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org)).

#### ➔ ANMERKUNGEN

Ein Straßenplan mit Satellitenansicht ist besser geeignet, denn so lassen sich Häuser besser von Wohnblöcken unterscheiden. Diese Information ist wichtig für die Festlegung der Strecke, da diese für möglichst viele Schüler geeignet sein sollte: Wohnblöcke sind für Haltestellen geeigneter als Einfamilienhäuser, da dort mehr Schüler wohnen.

Zunächst müssen die Schüler die Schule und ihr eigenes Zuhause auf dem Straßenplan ausfindig machen, damit jeder sieht, wie die Standorte über die Stadt/ das Viertel verteilt sind.

Anschließend schlägt die Klasse mehrere mögliche Strecken vor und bespricht, welche am besten geeignet wäre (Verkehrssicherheit, Verkehrsaufkommen, Kreuzungen, Bürgersteige). Ein Pedibus kann mehrere „Linien“ haben, die sich kreuzen oder gabeln, so dass kein Schüler mehr als 15 Minuten gehen muss.

Um die Arbeit der Klasse und später die Umsetzung des Pedibusses zu erleichtern, wird empfohlen, nicht mehr als drei Linien festzulegen. Manche Schüler werden feststellen, dass sie aufgrund der Streckenführung einen Umweg machen müssen – diese Umwege sollten so kurz wie möglich sein. Den Schülern muss außerdem vermittelt werden, dass es unmöglich ist, an **jedem** Haus vorbeizukommen. Sobald die Linien eingezeichnet sind, können die Haltestellen bestimmt werden.



In dieser 5. Klasse wurden drei Linien festgelegt.



## SCHRITT 3

### WELCHE REGELN MÜSSEN BEFOLGT WERDEN?

Auch wenn dies nicht zwingend erforderlich ist, kann es für die Schüler sehr spannend sein, für diese Etappe jemanden vom Rathaus oder von der Polizei in die Schule zu holen. Ein Polizist kann helfen, die von den Schülern gefundenen Strecken zu begutachten und gegebenenfalls zu verändern (Sicherheitsbedenken). Der Polizist kann auch helfen, die besten Haltestellen für den Pedibus zu finden. Ansonsten können natürlich die Lehrerin oder der Lehrer diese Rolle übernehmen.



## DISKUSSION MIT DER GESAMTEN KLASSE

Eine wichtige Frage hinsichtlich der Zeitpläne muss mit der ganzen Klasse besprochen werden: *Wird der Pedibus nur für den Hinweg zur Schule genutzt oder auch für den Heimweg?* Dafür muss zunächst festgestellt werden, wann die einzelnen Schüler morgens in der Schule sein müssen und wann sie sie wieder verlassen (Tagesbetreuung, außerschulische Aktivitäten, usw.). Die Klasse kann sich zum Beispiel auch für zwei unterschiedliche Zeitpläne entscheiden, und/oder eine Linie für den Heimweg „schließen“.

## GRUPPENDISKUSSION

### → Pedibus-Zeitpläne

Eine Gruppe kann an den Zeitplänen arbeiten. Sie muss einiges bedenken: die Gehzeit, die Ankunftszeit in der Schule, die unterschiedlichen Haltestellen. Der Schulweg sollte nicht länger als 15 Minuten dauern. Um zu vermeiden, dass sich die Gehzeit verlängert, ist es wichtig, kurze Haltezeiten einzuplanen (eine Minute höchstens).

### → Anzahl der „Fahrer“

Diese Gruppe arbeitet an einem Einsatzplan für die Eltern. Für etwa 15 Schüler sind zwei bis drei Begleiter nötig. Die Schüler ermitteln anhand der ausgefüllten Fragebögen, welche Eltern sich als „Fahrer“ zur Verfügung gestellt haben<sup>3</sup>. Sie erstellen einen Zeitplan im Großformat, der im Klassenzimmer und am Schwarzen Brett der Schule angebracht werden kann. In entsprechende Felder wird eingetragen, wann die verschiedenen Eltern zur Verfügung stehen. Es müssen auch die Namen der Schüler eingetragen werden – damit klar ist, wann welcher Schüler mitgeht. Es sollte ein „Testtag“ eingeplant werden, um die Strecke und die Organisation des Pedibusses zu testen.

### → Pedibus-Charta

Eine Gruppe kann an der Charta für Schüler und Eltern arbeiten. In der Charta wird beschrieben, was getan werden soll, wenn ein Schüler sich verspätet oder wenn ein Schüler/Elternteil nicht auftaucht. Es werden auch die Verpflichtungen eines jeden Einzelnen beschrieben sowie versicherungstechnische Fragen usw. Die Charta kann von jedem Schüler und Elternteil unterschrieben werden.

Es können auch zwei verschiedene Charten entworfen werden – eine für die Erwachsenen und eine für die Kinder.

→

### → Sicherheitsvorschriften

Eine Gruppe ist für die Sicherheitsvorschriften des Pedibusses zuständig. Diese können später auch in die Charta aufgenommen werden. *Wo gehen die Schüler entlang, wie sind sie angezogen (sollen sie eine Warnweste tragen?), welche Verkehrsregeln gelten für den Pedibus?* Die Schüler müssen wissen, wie sie sich als Fußgänger sicher verhalten. Das können sie entweder in der Schule lernen und/oder mit ihren Familien<sup>4</sup>.

### → Kontaktinformationen

Eine Gruppe sammelt die Adressen und Telefonnummern aller Familien. Die Liste sollte enthalten: Vor- und Nachname des Schülers und seiner Eltern, Adresse und Telefonnummer(n). Diese Liste wird allen „Fahrern“ zugänglich gemacht. So erhalten alle Eltern die Kontaktinformationen der „Fahrer“.

### → Pedibus-Ausweis

Eine der Gruppen kann einen „Ausweis“ erstellen, der (mindestens) folgendes enthalten sollte:

- „Schülersausweis“: Name, Schule, Klasse, Haltestelle, Linie, Kontaktperson bei Problemen.
- „Fahrerausweis“: Name, Schule, Linie.

### → ANMERKUNG

Der Ausweis wird später ordentlich und ansprechend gestaltet.

## ZUSAMMENFASSUNG

Da die Schülergruppen an unterschiedlichen Aspekten des Projekts arbeiten, ist es wichtig, alles gemeinsam zu besprechen und sicherzugehen, dass die ganze Klasse zustimmt oder Verbesserungsvorschläge einbringt.

Eine Frage ist ganz besonders wichtig: *Was sollen die Schüler tun, wenn ein oder mehrere Schüler (regelmäßig) zu spät kommen?* Damit der Pedibus funktioniert, muss klar sein, dass er nicht auf einzelne Schüler warten kann. Das würde dazu führen, dass alle anderen Schüler warten müssen und zu spät zur Schule kommen. Irgendwann führt es dazu, dass das Projekt scheitert. Ein Pedibus ist ein öffentliches Verkehrsmittel, das pünktlich ist. Ein „echter“ Bus würde auch nicht auf Nachzügler warten.

3 Da die Fragebögen ausgefüllt wurden, bevor weiter am Pedibus-Projekt gearbeitet wurde, kann es sein, dass Eltern mit „nein“ geantwortet haben, weil sie das Konzept noch nicht kannten. Sie können eventuell erneut gefragt werden.

4 Auf der Seite des ADAC ([www.adac.de/verkehr/verkehrssicherheit/kindersicherheit/schulweg/](http://www.adac.de/verkehr/verkehrssicherheit/kindersicherheit/schulweg/)) können die Schüler ihre Kenntnisse der Verkehrsregeln testen.



## SCHRITT 4 IST UNSER STRECKENPLAN UMSETZBAR?

Es ist nun an der Zeit, die Organisation des Pedibusses zu testen. Hierzu sollten einige der künftigen Begleitpersonen verfügbar sein. Hilfreich (aber nicht erforderlich) ist auch die Anwesenheit eines Polizisten.

### VORBEREITUNG DER „FAHRT“

Stellen Sie die Begleitpersonen vor und erinnern sie daran, dass heute die Linien, die Gehzeiten, die Sicherheit und die Strecke überprüft werden sollen.

### WÄHREND DER „FAHRT“

Teilen Sie die Klasse in mehrere Gruppen auf (eine Gruppe pro Linie) oder machen Sie die „Testfahrt“ mit der ganzen Klasse.

In Begleitung des Lehrers und einiger Eltern, und im Idealfall auch eines Polizisten, überprüfen die Schüler, ob die Strecke sicher und geeignet ist.

Die Schüler machen Fotos und Notizen: Ein Bürgersteig ist zu schmal, eine Straße zu stark befahren, eine Haltestelle klar an einem bestimmten Merkmal zu erkennen, usw. Sie zeichnen die wichtigsten Stellen/Kreuzungen auf dem Straßenplan ein.

Es werden die Gehzeiten zwischen den einzelnen Stationen gestoppt.



### ZURÜCK IN DER SCHULE

Die Schüler teilen ihre Eindrücke der Strecken und besprechen ihre Notizen. Die Strecken werden validiert oder, falls nötig, geändert (es kann beispielsweise die Einrichtung zusätzlicher Haltestellen beschlossen werden, wenn die Gehzeit zwischen zwei Stationen mehr als 5 Minuten beträgt).

## SCHRITT 5 WIE KOMMUNIZIEREN?

### DISKUSSION MIT DER GESAMTEN KLASSE

Fragen Sie, warum und wie die Klasse mit den unterschiedlichen, am Pedibus beteiligten Gruppen kommunizieren wird.

Besprechen Sie mit der Klasse die Vorteile, zur Schule zu laufen, anstatt mit dem Auto gefahren zu werden: weniger Umweltverschmutzung, weniger CO<sub>2</sub>- und Feinstaubemissionen, weniger Lärm, Vorteile einer körperlichen Aktivität, die Umgebung entdecken.

Liefere Sie einige Zahlen, um das zu untermauern. Beispiele:

- In Österreich werden 21% der 6- bis 14-Jährigen mit dem Auto zur Schule gefahren<sup>5</sup>.
- In der Schweiz gehen 65% der 6- bis 12-Jährigen zu Fuß zur Schule<sup>6</sup>.
- In deutschen Großstädten sind 40-50% der Autofahrten weniger als 5 km lang<sup>7</sup>.

5 <https://infothek.bmvit.gv.at/adiou-elertaxi-warum-der-schulweg-mit-dem-auto-wenig-ratsam-ist/>

6 <https://schulweg.ch/portfolio-item/tag-fuer-tag-hunderttausende-von-kilometern/>

7 <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/radverkehr#gtgt-schnell>

## GRUPPENDISKUSSION

Jede Schülergruppe arbeitet an einem bestimmten Aspekt der Kommunikation. Es sollten ein Text, ein Poster und/oder ein „Ausweis“ entworfen und erstellt werden.

### → Darstellung der Strecke

Diese Gruppe zeichnet auf einem Straßenplan die unterschiedlichen Linien sowie die Haltestellen und die jeweiligen Zeiten ein.

### → Die „Ausweise“

Diese Gruppe arbeitet an einem Design für die „Schülersausweise“ und die „Fahrerausweise“. Diese werden dann jedem Schüler und jedem Fahrer ausgehändigt.

### → Kommunikation mit den Eltern

Diese Gruppe soll die Eltern von den Vorteilen des Pedibusses überzeugen. Hierfür können die Schüler Flyer, Briefe, Poster usw. gestalten – mit Informationen über den Pedibus, über die Vorteile des Zufußgehens und mit Argumenten, weshalb sich Eltern engagieren sollten (vernachlässigen Sie nicht die „sozialen“ Aspekte: Umgebung entdecken, Bürgerbeteiligung, Familien kennenlernen usw.).

### → Kommunikation innerhalb der Schule

Diese Gruppe hat ähnliche Aufgaben wie die vorherige: Sie spricht andere Klassen und die Schulleitung an. (Die Linien und Haltestellen müssen eventuell angepasst werden, wenn die ganze Schule an dem Projekt teilnimmt.)

### → Kommunikation mit den lokalen Behörden

Ziel dieser Gruppe ist es, das Rathaus auf das Projekt aufmerksam zu machen. Schüler können zum Beispiel einen offiziellen Start oder eine öffentliche Debatte organisieren, einen Artikel in der Lokalzeitung veröffentlichen oder Interviews durchführen.

### → Beschilderung

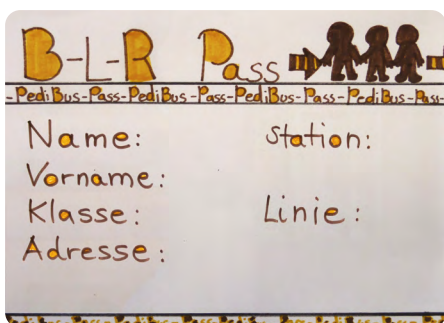
In dieser Gruppe entwerfen die Schüler Aufkleber, Poster und Schilder, die entlang der Linien angebracht werden sollen. Auch in der Umgebung der Schule und der Linien können Poster verteilt werden, um die Einwohner zu informieren und sie für das Projekt zu sensibilisieren.

## ZUSAMMENFASSUNG

Wie bereits erwähnt, ist es wichtig, dass jede Gruppe mitbekommt, was die anderen Gruppen machen, und dass die ganze Klasse mit den getroffenen Entscheidungen einverstanden ist bzw. Verbesserungsvorschläge einbringt.

Sie können den Schülern Beispiele für eine „professionelle“ Signalistik und Pedibus-Kommunikation zeigen und die Unterschiede zu den Entwürfen der Schüler besprechen. Die Schüler können daraufhin vielleicht an dem Logo für ihren Pedibus arbeiten und/oder an den verwendeten Farben usw.

Die Klasse kann eventuell die Lokalpresse kontaktieren, um sie an einigen der Vorbereitungen teilhaben zu lassen, zum Beispiel der Anbringung der Schilder. Das wird das Projekt noch bekannter machen.



▲ Beispiel für einen Ausweis

Beispiele aus Italien und Deutschland ▶



## SCHRITT 6 TEST UND START

Es ist eine gute Idee, zunächst eine Eingewöhnungsphase einzuplanen, bevor der Pedibus dauerhaft eingerichtet wird. Erstens lässt sich so feststellen, wie gut sich das Projekt umsetzen lässt, wie relevant es tatsächlich ist und wie die Umsetzung nachhaltig gestaltet werden kann. Zweitens wird das Projekt so sichtbarer und überzeugender.

Oft ist der Testtag Anlass zum Feiern.



### DAVOR

- Wählen Sie ein symbolträchtiges Datum für den Testtag aus: „internationale Nachhaltigkeitswoche“, internationale „I walk to school“-Woche usw.
- Organisieren Sie ein Informationstreffen, um Ihr Projekt all jenen näherzubringen, die es noch nicht kennen, um den Testtag publik zu machen und um Rollen zu verteilen (Eltern, Großeltern, Vereine).

### WÄHRENDESSEN

- Planen Sie, die Lokalpresse einzuladen. Bereiten Sie eine Pressemappe vor.
- Laden Sie Vertreter lokaler Behörden ein (Bürgermeister, Schuldirektoren usw.) und teilen Sie ihnen am Testtag eine Rolle zu (Eröffnungs- oder Abschlussrede).
- Am Tag selbst: Fotografieren und filmen Sie das Ereignis, bieten Sie Spiele zum Thema an oder organisieren Sie ein Willkommensfrühstück.

### DANACH

Erstellen Sie Teilnahmezertifikate für Schüler, die am Pedibus-Projekt teilgenommen haben, machen Sie Fotos und Videos. Das motiviert die Schüler, den Pedibus weiterzuführen!

## SCHRITT 7 SICHERSTELLEN, DASS DER PEDIBUS LANGFRISTIG BESTEHEN BLEIBT

Damit ist die Arbeit noch nicht getan: Die Organisation eines Pedibusses ist ein wichtiges Ergebnis eines Projekts zur Klimabildung, aber es braucht Zeit, bis sich das Ergebnis bemerkbar macht. Der Pedibus muss langfristig fortgeführt und seine Auswirkungen nach einigen Monaten bewertet werden.

Der Pedibus ist erst dann nachhaltig, wenn er jeden Tag Schüler aufammelt.

Um sicherzustellen, dass der Pedibus nicht nur eine einmalige Veranstaltung bleibt, sondern regelmäßig genutzt wird, kann man einiges tun:

- Die Projektergebnisse kommunizieren und positive Entwicklungen hervorheben. Verleihen Sie dem Projekt am Jahresanfang neuen Schwung und erklären Sie am Ende des Schuljahres, dass der Bus auch im nächsten Jahr fortgeführt wird.

- Versuchen Sie, die „Fahrerliste“ zu erweitern, da das größte Hindernis bei der Umsetzung ein Mangel an freiwilligen Eltern ist. Es ist wichtig, andere Eltern davon zu überzeugen, mitzumachen.
- Stellen Sie in Zusammenarbeit mit der Schulleitung Eltern, die ihre Kinder an der Schule anmelden, Informationsmaterial zur Verfügung.
- Führen Sie eine Zufriedenheitsumfrage durch, um den Pedibus flexibel und gemeinschaftlich zu gestalten (Linien, Zeitpläne, Haltestellen).
- Organisieren Sie regelmäßig festliche Anlässe oder Wettbewerbe, beispielsweise im Rahmen des internationalen Programmes „Walk to school“.

Damit das Projekt nachhaltig wird, muss es Schritt für Schritt in die Hände von Institutionen übergeben werden: von der Klasse zur Schule, und dann von der Schule zur Gemeinde.

## AUFKLÄRUNGSPROJEKT

# WISSENSCHAFT AUF DER BÜHNE

### FACH

Kunst, Wissenschaft, Theater

### ALTERSGRUPPE

4. – 9. Klasse

### ZIEL

Unter Schülern und deren Gemeinschaft (Schulen, Familien, lokale Entscheidungsträger) ein Bewusstsein über den Klimawandel schaffen.

### ÜBERBLICK

Das Ziel dieses Projekts ist, die Öffentlichkeit auf den Klimawandel und seine Auswirkungen aufmerksam zu machen. Es vereint Wissenschaft, Kunst und Theater. Die Schüler sollen sich den wissenschaftlichen Forschungsprozess aneignen, indem sie sich mit den Auswirkungen und Ursachen des Klimawandels sowie mit Klimaschutz und Anpassung befassen.



Das Projekt könnte folgendermaßen aufgebaut werden: In einem ersten Schritt fassen die Schüler einige ihrer zuvor erworbenen Erkenntnisse zum Klimawandel, seinen Auswirkungen, zu Klimaschutz und Anpassung zusammen. Sie schreiben kleine Texte oder Dialoge, die als Theaterstück aufgeführt werden können. Zur audiovisuellen Unterstützung können Diagramme oder Fotos an die Wand projiziert sowie Hintergrundmusik oder Geräusche (schmelzendes Eis, kalbende Gletscher, ...) abgespielt werden. Mit ihren Körpern bzw. ihrer Körpersprache können starke Botschaften an die Zuhörer vermittelt werden.

Wir verweisen Lehrende, die Französisch sprechen bzw. an bilingualen deutsch-französischen Schulen unterrichten, auf die französische Version dieses Handbuchs, in der eine detailliertere Beschreibung dieses Projektes zu finden ist: „Science en scène“ – <https://www.oce.global/fr/resources/activites-de-classe/le-climat-entre-nos-mains-ocean-et-cryosphere/>



Schüler stellen den Graphen zum Temperaturanstieg dar.

## DO IT YOURSELF

# PROJEKTIDEEN

Die untenstehende Tabelle bietet einen Überblick über verschiedene Themen, die Sie und die Schüler zu einer Projektarbeit inspirieren könnten.

<p><b>Naturschutzgebiete (Anpassung)</b> Naturwissenschaften</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bürgerwissenschaft (Citizen Science): Monitoring, Beobachtung der Artenvielfalt usw.</li> <li>• Umsetzung von Anpassungsmaßnahmen an die Auswirkungen des Klimawandels.</li> <li>• Bereits gefährdete Ökosysteme schützen bzw. wieder herstellen.</li> <li>• Naturschutzgebiete schaffen. In diesen Gebieten können sich Ökosysteme erholen und sie können als Gebiete zur Bildung und Erholung genutzt werden.</li> </ul>
<p><b>Wasser sparen (Anpassung)</b> Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften</p>	<p>Weniger Süßwasser zu verbrauchen trägt dazu bei, den Wasserkreislauf im Gleichgewicht zu halten.</p>
<p><b>Klimabotschafter werden (Aufklärung)</b> Visuelle/Darstellende Künste</p>	<p>Logos, Slogans, Podcasts, Radiosendungen, YouTube-Videos, Theater, Lieder, Bilder, Straßenkunst, Ausstellungen usw.</p>
<p><b>Den Energieverbrauch steuern (Klimaschutz)</b> Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch bewusste Entscheidungen bei der Energienutzung (vor allem zu Hause) können Treibhausgasemissionen eingespart werden.</li> <li>• Erneuerbare Energiequellen bevorzugen.</li> <li>• Wege zu einem verminderten Energieverbrauch: bessere Gebäudeisolierung, über alternative Möglichkeiten zum Heizen und/oder Kühlen eines Gebäudes nachdenken, persönliche Gewohnheiten hinsichtlich des Energieverbrauchs ändern.</li> </ul>
<p><b>Transport (Klimaschutz)</b> Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch eine bewusste Wahl unserer Verkehrsmittel können Treibhausgasemissionen eingespart werden.</li> <li>• Für kurze Strecken: Fahrrad fahren oder zu Fuß gehen.</li> <li>• Für lange Strecken: Lange Reisen für kurze Aufenthalte möglichst vermeiden. Verkehrsmittel auswählen, die nicht mit fossilen Brennstoffen betrieben werden; wann immer möglich Fahrgemeinschaften und öffentliche Transportmittel nutzen.</li> </ul>
<p><b>Konsum und Kaufentscheidungen (Klimaschutz)</b> Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften/ Visuelle Künste</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch bewusste Kaufentscheidungen können Treibhausgasemissionen reduziert werden.</li> <li>• Weniger kaufen, mehr tauschen und reparieren.</li> <li>• Die Kreislaufwirtschaft fördern, indem Rohstoffverbrauch, Abfall, Emissionen und Energieverluste verringert werden. Das gelingt durch einen möglichst geschlossenen, langsamen und sparsamen Energie- und Materialkreislauf. Beim Kauf neuer Produkte sollten diese, wenn möglich, lokal hergestellt und nicht über weite Strecken transportiert worden sein. Nachhaltige Produkte bevorzugen. Weniger Fleisch essen, vor allem weniger Rindfleisch.</li> <li>• Produkte vermeiden, die die Entwaldung fördern (wie etwa Palmöl und exotische Holzarten).</li> <li>• Schulkantinen sollten nachhaltiges Essen anbieten und Essen so wenig wie möglich verschwenden.</li> <li>• Gemeinschaftsgärten anlegen.</li> </ul>

**Wie lässt sich Kreislaufwirtschaft fördern?**  
(Klimaschutz)  
Sozialwissenschaften/Naturwissenschaften/  
Visuelle Künste

- Wiederverwenden. Reparieren. Recyceln. Repair-Workshops organisieren, bei denen Bastler helfen, kaputte Dinge zu reparieren. Recycling-container in der Schule aufstellen. Zu Hause recyceln.

Manche unserer Handlungsweisen tragen zum Klimawandel bei, aber wir können auch handeln, um diesen Beitrag zu reduzieren.

- Wir alle haben einen Fußabdruck auf der Erde, aber wir können auch einen Handabdruck hinterlassen.
- Wir können unsere eigenen Entscheidungen treffen und politische Entscheidungen beeinflussen.
- Wir können einen Beruf wählen, der beim Klimawandel einen Unterschied macht.
- Wir können unsere Gewohnheiten überdenken.
- Wir können mit unseren Freunden und unserer Familie reden, damit immer mehr Menschen handeln.





## RUND UM DAS BUCH



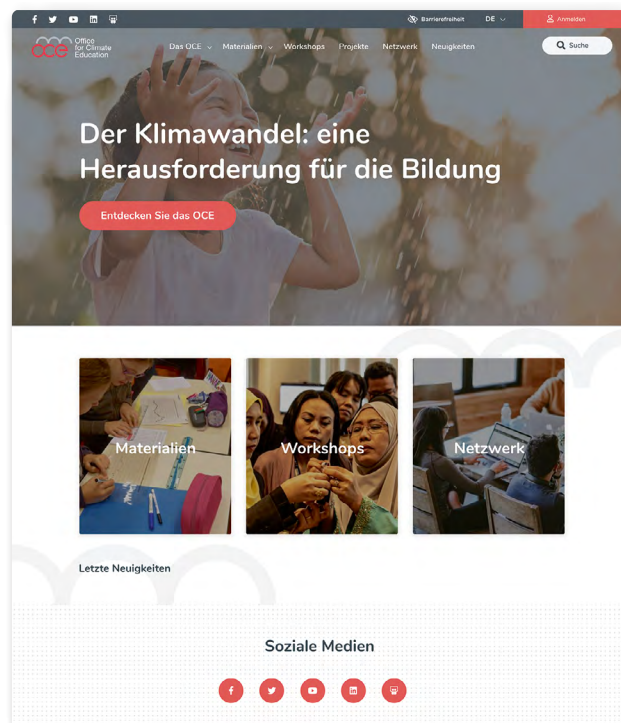
# WEITERE MULTIMEDIA-RESSOURCEN

## WEBSEITE

Die Webseite des Office for Climate Education stellt viele Bildungsmaterialien zum Klimawandel zur Verfügung:

- Zusammenfassungen von IPCC-Berichten für Lehrerinnen und Lehrer;
- Klassenaktivitäten;
- Multimediaaktivitäten, Videos, Diagramme und Tabellen für den Einsatz in der Schule;
- Materialien zur beruflichen Weiterbildung.

Alle OCE-Materialien werden unter der CC-BY-NC-SA-Lizenz veröffentlicht (freie nicht-kommerzielle Nutzung, Anpassung erlaubt).



## VIDEOS

Einige der Videos und Multimediaaktivitäten wurden explizit als Begleitmaterial für dieses Handbuch erstellt. In jedem Video spricht ein Experte oder eine Expertin über eine spezifische Frage, die einen Bezug zum

Ozean oder der Kryosphäre und dem Klimawandel hat. Diese Videos können entweder als Startpunkt oder zum Schluss einer Diskussion mit den Schülern eingesetzt werden.



### URBANE HITZEINSELN

Aude Lemonsu, Meteorologin, Météo-France

Städte sind ganz spezielle Umgebungen mit nur wenig Vegetation. Die Baumaterialien in Gebäuden und städtischen Infrastrukturen speichern Hitze sowohl am Tag als auch in der Nacht. Urbane Hitzeinseln sind städtische Gegenden, die wesentlich wärmer sind als ihre Umgebung. Städte werden wegen des Klimawandels wärmer. Es gibt Lösungen, um die Erwärmung zu begrenzen: Man kann die Stadt grüner machen, indem man Bäume pflanzt oder Dächer begrünt.

### GLETSCHER



Etienne Berthier, Glaziologe, Labor für Weltraum-Geophysik und -Ozeanografie (LEGOS), Frankreich

Gletscher bestehen aus zusammengepresstem Schnee. Als Folge des Klimawandels schmelzen die Gletscher weltweit. Das wirkt sich auf den Meeresspiegel aus: Schmelzende Gletscher sind für etwa ein Drittel des Meeresspiegelanstiegs verantwortlich. Außerdem sinkt die Menge an Süßwasser, das in die Flüsse unterhalb des Gletschers abfließt. Wir müssen unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen senken – das ist das Einzige, was wir tun können, um die Gletscher zu schützen.



### OZEANVERSAUERUNG

Catherine Jeandel, Ozeanografin, Labor für Weltraum-Geophysik und -Ozeanografie (LEGOS), Frankreich

Das Wasser an der Ozeanoberfläche wird aufgrund der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen saurer. Das im Ozean gelöste CO<sub>2</sub> beeinträchtigt Kalkalgen und -tiere wie Korallen, Austern und Muscheln. Am besten können wir die Ozeanversauerung einschränken, wenn wir weniger CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre ausstoßen.

### TROPISCHE WIRBELSTÜRME



Fabrice Chauvin, Meteorologe, Nationales Zentrum für Meteorologische Forschung (CNRM), Frankreich

Tropenstürme sind riesige thermische Systeme, die ihre Energie aus dem Ozean bekommen. Sie gehen einher mit sehr starkem Wind und heftigem Regen. Tropenstürme treten durch den Klimawandel wohl nicht häufiger auf, allerdings sagen Klimamodelle vorher, dass Wirbelstürme der höchsten Kategorie häufiger auftreten werden.



### ENERGIE AUS DEM MEER

Raphaël Gerson, Abteilung für erneuerbare Energien der Umwelt- und Energiebehörde (ADEME), Frankreich

Klimawandel und Energiesicherheit erhöhen auf der ganzen Welt die Nachfrage nach erneuerbaren Energien. Energie aus Wellen und den Gezeiten sowie schwimmende Windparks sind die Zukunft der erneuerbaren Energien im Ozean: Sie verursachen kein CO<sub>2</sub> und keinen Abfall, schaffen Arbeitsplätze vor Ort und werden immer kostengünstiger.



### SCHMELZENDES MEEREIS

Martin Vancoppenolle, Meereisexperte, Labor für Ozeanografie und Klima (LOCEAN), Frankreich

Der Klimawandel wirkt sich direkt auf das Meereis aus: Da er die Atmosphäre aufheizt, schmilzt das Meereis. Man schätzt, dass die Emissionen eines Fluges von Paris nach New York 3m<sup>2</sup> Meereis schmelzen lassen. Es gibt nur eine Möglichkeit, das noch vorhandene Meereis zu retten: Wir müssen unsere CO<sub>2</sub>-Emissionen reduzieren.

### THERMOHALINE ZIRKULATION

Jean-Baptiste Sallée, Ozeanograf, Labor für Ozeanografie und Klima (LOCEAN), Frankreich



Die thermohaline Zirkulation ist die globale Meeresströmung, die durch Unterschiede in der Wassertemperatur und im Salzgehalt entsteht. Der Klimawandel führt dazu, dass sich die Ozeanoberfläche erwärmt und der Salzgehalt sinkt (aufgrund von schmelzendem Eis). Das bremst die thermohaline Zirkulation aus. Die Lösung ist, unsere Treibhausgasemissionen zurückzuschrauben.



### EL NIÑO

Eric Guilyardi, Ozeanograf, Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), Frankreich

El Niño ist ein Klimaphänomen im tropischen Pazifik, das Ozean und Atmosphäre umfasst. In normalen Jahren blasen Passatwinde warmes Wasser von Osten nach Westen. Das sorgt für vermehrte Regenfälle rund um Indonesien und das Aufsteigen von Tiefenwasser an der Küste Perus – dadurch haben dort Fische mehr Nahrung. Während El Niño bricht dieses System in sich zusammen und warmes Wasser fließt zurück Richtung Osten. Der Klimawandel verstärkt den El-Niño-Effekt und es kommt vermehrt zu Regenfällen. Wir wissen aber noch nicht, ob der Klimawandel auch das El-Niño-Phänomen selbst beeinflussen wird.



### MANGROVEN

François Fromard, Mangrovenexperte, EcoLab, Frankreich



Mangroven sind Wälder. Mangrovenbäume haben ihre Wurzeln in Schlamm und wachsen in Salzwasser. Mangroven findet man an Küsten in tropischen und subtropischen Regionen, wo sie viele Ökosystemdienstleistungen erbringen und große Mengen an CO<sub>2</sub> speichern. Mangroven sind beispielsweise durch die Ausweitung der Garnelenzucht bedroht.



### MEERESSPIEGELANSTIEG

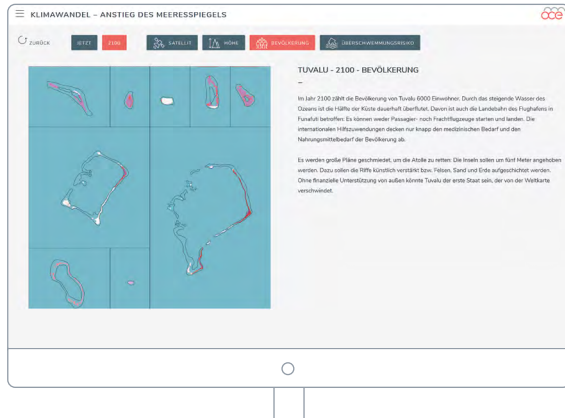
Angélique Melet, Ozeanografin, Mercator Ocean International, Frankreich

Unser Planet erwärmt sich und ein Teil der überschüssigen Wärme wird in den Ozeanen gespeichert. Die Ursachen für den Anstieg des Meeresspiegels sind die Wärmeausdehnung des Meerwassers und das Schmelzen von Gletschern und von Eisschilden an den Polen. Der Weltklimarat (IPCC) sagt voraus, dass der Meeresspiegel um über 1 Meter bis 2100 ansteigen wird. Deshalb ist es sehr wichtig, die natürlichen Schutzmechanismen unserer Küsten zu bewahren.



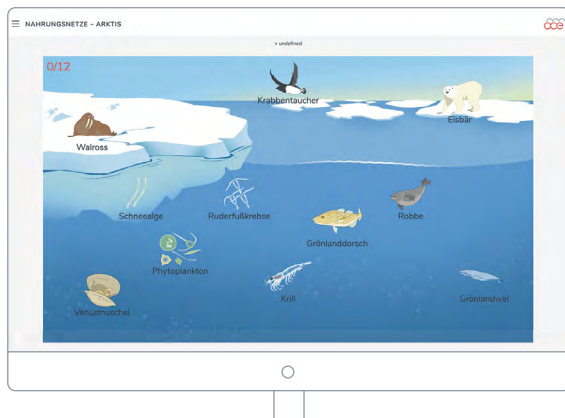
# MULTIMEDIAAKTIVITÄTEN

Die folgenden Multimedia-Aktivitäten ermöglichen es Schülern, interaktiv verschiedene Themen rund um den Klimawandel zu bearbeiten.



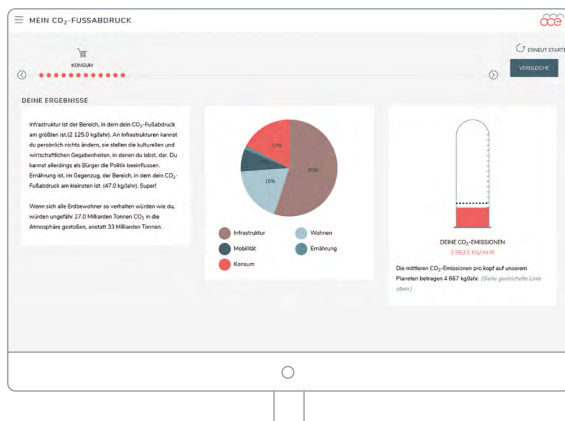
## MEERESSPIEGELANSTIEG

Diese Multimediaaktivität zeigt für fünf verschiedene Regionen die mit dem Meeresspiegelanstieg verbundenen Risiken auf. Die Risiken hängen von der geografischen Lage und der Bevölkerungsdichte ab: Die fünf Regionen sind: Mississippi (USA), Nildelta (Ägypten), Gangesdelta (Bangladesh), Niederlande, Tuvalu-Archipel.



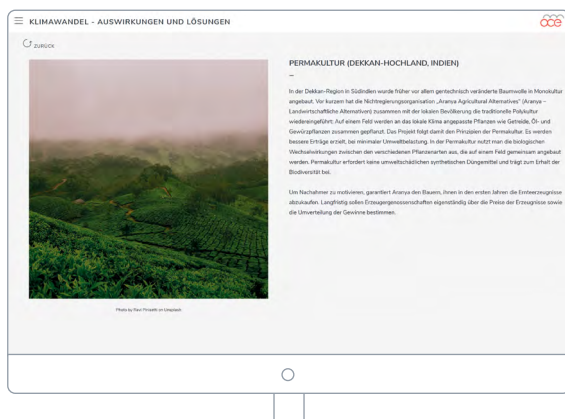
## NAHRUNGNETZ

In dieser Multimediaaktivität können die Schüler sechs Nahrungsnetze in marinen Ökosystemen nachbauen: Arktis, Antarktis, Kelpwald, Mangroven, Nordsee und Korallenriff.



## CO<sub>2</sub>-FUSSABDRUCK

Mit diesem CO<sub>2</sub>-Rechner können Schüler ihren eigenen CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ausrechnen. Das hilft ihnen zu verstehen, wie sehr unser Lebensstil und unsere täglichen Gewohnheiten zu den Treibhausgasemissionen beitragen, und was wir tun können, um diese Emissionen zu reduzieren.



## WAS KÖNNEN WIR TUN?

In dieser Multimediaaktivität werden ca. 30 konkrete Maßnahmen zum Klimaschutz beschrieben. „Lösungen“ zum Klimaschutz bzw. zur Anpassung an den Klimawandel gibt es aus den Bereichen Landwirtschaft und Nahrung, Energie, Wohnen, resiliente Städte, Ökosysteme und Sensibilisierung.

# BIBLIOGRAFIE

## WISSENSCHAFTLICHE DOKUMENTATION ÜBER DEN OZEAN, DIE KRYOSPHERE UND DAS KLIMA

### AUF DEUTSCH:

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI): Ozeanversauerung, fact sheets zum Klimawandel in den verschiedenen Regionen der Welt (Arktis, Südpolarmeer, Europa, Nordsee, ...)

<https://www.awi.de/im-fokus.html>

Deutsche Koordinierungsstelle des IPCC:

Informationen zum IPCC-Sonderbericht „Der Ozean und die Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima“

<https://www.de-ipcc.de/252.php>

Deutsches Klimakonsortium:

Worum geht es beim IPCC-Bericht über Ozean und Kryosphäre? Hintergründe aus der Klimaforschung

<https://www.deutsches-klima-konsortium.de/de/klimafuehstueck-srocc.html>

GEOMAR – BIOACID – Biologische Auswirkungen von Ozeanversauerung

<https://www.oceanacidification.de/>

Hamburger Bildungsserver:

Zahlreiche Seiten (mit sehr vielen Diagrammen) zum Thema Klimawandel

<http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/>

Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung:

Leitfaden für die Vermittlung des Themas Klimawandel im Bildungskontext

[https://www.pik-potsdam.de/forschung/klimaresilienz/projekte/projektseiten/pikee/LeitfadenPIKee\\_2016.pdf](https://www.pik-potsdam.de/forschung/klimaresilienz/projekte/projektseiten/pikee/LeitfadenPIKee_2016.pdf)

World Ocean Review:

Arktis und Antarktis – extrem, klimarelevant, gefährdet

<https://worldoceanreview.com/de/wor-6/>

Umweltbundesamt:

Poster „Ozean und Kryosphäre im Klimawandel“

<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ozean-kryosphaere-im-klimawandel>

### AUF ENGLISCH:

IPCC Special Report on Ocean & Cryosphere in a Changing Climate

[www.ipcc.ch/srocc](http://www.ipcc.ch/srocc)

NASA – Globaler Klimawandel: Grafiken und Multimedia

<https://climate.nasa.gov/resources/graphics-and-multimedia/>

National Snow and Ice Data Center:

Satellitenbilder und Daten zu Veränderungen des Meereises in der Arktis und Antarktis

[https://nsidc.org/data/seaice\\_index/](https://nsidc.org/data/seaice_index/)

## BILDUNGSMATERIALIEN DES OCE

### AUF DEUTSCH:

IPCC-Berichte – Zusammenfassungen für Lehrende und mehr:

<https://www.sonntaler.net/dokumentation/ipcc-berichte/>

CLIM – Lernvideos zum Ozean und der Kryosphäre in einem sich wandelnden Klima (demnächst auch mit deutschen Untertiteln)

[www.youtube.com/channel/UCFWnXg29G9npeWgFEaaa5w](http://www.youtube.com/channel/UCFWnXg29G9npeWgFEaaa5w)

## WEITERE BILDUNGSMATERIALIEN

### AUF ENGLISCH:

Dublin City University, Bildungsinstitut: Trócaire und das Centre for Human Rights and Citizenship Education (Zentrum für Menschenrechte und Bürgerbildung): „Creating Futures“, erstellt als Teil der „Education for a Just World“-Initiative

[www.trocaire.org/getinvolved/education/creating-futures](http://www.trocaire.org/getinvolved/education/creating-futures)

Eco-schools – Berichte und Neuigkeiten über Nachhaltigkeitsprojekte in Schulen

[www.ecoschools.global/stories-news](http://www.ecoschools.global/stories-news)

*La main à la pâte* – The ocean, my planet and me: Ein Unterrichtsmodul für Klassen der Primarstufe und der unteren Sekundarstufe

[www.fondation-lamap.org/en/20322/the-ocean-my-planet-and-me](http://www.fondation-lamap.org/en/20322/the-ocean-my-planet-and-me)

NASA Climate Kids

<https://climatekids.nasa.gov>

National Oceanic and Atmospheric Administration: Klima unterrichten, Factsheets, Unterrichtspläne, Fallstudien usw.

<https://oceanservice.noaa.gov/education/pd/climate/welcome.html>

The Sandwatch Foundation – Ein Netzwerk von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen, die zusammenarbeiten, um ihren Strand und seine Umgebung zu verbessern und widerstandsfähig gegenüber dem Klimawandel zu machen

[www.sandwatchfoundation.org](http://www.sandwatchfoundation.org)

TROPICSU – Climate Change Education Across the Curricula, Across the Globe: Materialien für Lehrende der Sekundarstufe

<https://tropicsu.org/un-resources/>

## INTERAKTIVE SIMULATIONEN – FÜR DIE SEKUNDARSTUFE

### AUF ENGLISCH:

En-ROADS: Mit dem Simulator kann man z. B. verfolgen, wie sich die globale Temperatur ändert, wenn man an wichtigen Stell-schrauben dreht – etwa an der Zusammensetzung der Energieversorgung, dem CO<sub>2</sub>-Preis, der Weltbevölkerung, dem Wirtschaftswachstum, der Entwaldung bzw. der Wiederaufforstung usw.

<https://www.climateinteractive.org/tools/en-roads/>

University of Colorado – Simulation des Treibhauseffekts

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/greenhouse>

University of Manchester – Build your own Earth

[www.buildyourownearth.com](http://www.buildyourownearth.com)

# GLOSSAR

## ALBEDO

Albedo bedeutet „Weiße“ und beschreibt das Reflexionsvermögen eines Objekts oder einer Oberfläche. Eis und Neuschnee haben eine hohe Albedo von 40% bis 80%: Sie reflektieren 40% bis 80% der einfallenden Sonnenstrahlung. Der Ozean ist dunkel und hat deswegen eine Albedo von unter 10%.

## ANPASSUNG

Die Anpassung an bestehende oder zu erwartende Auswirkungen des Klimawandels. In menschlichen Systemen zielt die Anpassung darauf ab, Risiken zu reduzieren, Widerstandsfähigkeit zu erhöhen oder durch den Klimawandel bedingte günstige Gelegenheiten auszunutzen. Beispiel: Durch den tauenden Permafrostboden in der Arktis wird die landwirtschaftlich nutzbare Fläche größer.

## ANTHROPOGENE TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Treibhausgasemissionen, die durch menschliche Aktivitäten – wie Entwaldung, die Verbrennung fossiler Brennstoffe, Industrie und Landwirtschaft – verursacht werden.

## CO<sub>2</sub>-AUFNAHME

Alle Prozesse, die zur Entfernung von CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre beitragen. CO<sub>2</sub> kann sich zum Beispiel im Meerwasser auflösen oder es kann von Pflanzen aufgenommen werden (durch Photosynthese) und anschließend im Boden gespeichert werden.

## CO<sub>2</sub>-FUßABDRUCK

Der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck ist definiert als die Gesamtmenge an Treibhausgasen, die entweder direkt oder indirekt durch menschliche Aktivitäten emittiert wird. Er kann für ein Produkt, eine Einzelperson, eine Gemeinschaft, eine bestimmte Veranstaltung oder eine Einrichtung berechnet werden und wird in CO<sub>2</sub>-Äquivalent (CO<sub>2</sub>-eq) angegeben.

## EISSCHILD

Eine sehr große und dicke Schicht aus mehrjährigem Eis auf einem Kontinent. Es gibt zwei Eisschilde auf unserem Planeten: der Antarktische Eisschild und der Grönländische Eisschild.

## EXPOSITION

Wie stark eine Bevölkerung einer bestimmten Klimagefahr ausgesetzt ist, beispielsweise aufgrund ihrer geografischen Lage. Beispiel: Niedrigliegende Regionen sind dem Anstieg des Meeresspiegels eher ausgesetzt als bergige Regionen.

## EXTREME EREIGNISSE

Ungewöhnliche natürliche Ereignisse, die sich negativ auf Mensch und Natur auswirken: Wirbelstürme, Stürme, Erdbeben, Waldbrände, Dürren und Hitzewellen.

## GLETSCHER

Eine große Eismasse an Land, die sich langsam bergab bewegt.

## Globale Erwärmung

Siehe Klimawandel.

## HITZEWELLE

Ein Zeitabschnitt mit ungewöhnlich heißem Wetter, mit hohen Tagestemperaturen und nur wenig oder keiner Abkühlung in der Nacht. Eine Hitzewelle kann mehrere Wochen andauern.

## INDUSTRIELLE REVOLUTION

Historischer Zeitabschnitt zwischen 1760 und den 1840ern. Er kennzeichnet den Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft. Die industrielle Revolution begann in Europa und den Vereinigten Staaten und führte zu einer schnellen Entwicklung der Produktivität, der Technologie, der Dienstleistungen und der Wissenschaft. Das führte zu einem Bevölkerungswachstum und einer damit verbundenen Erhöhung der Treibhausgasemissionen.

## INFRAROTSTRAHLUNG

Infrarotstrahlung ist der unsichtbare Teil des Lichts, den wir als Wärme wahrnehmen. Sie spielt beim Treibhauseffekt eine wichtige Rolle.

## KLIMA

Ein durchschnittliches Muster von Wetterbedingungen – Temperatur, Niederschlag, Feuchtigkeit, Wind, Luftdruck – in einer bestimmten Region über einen langen Zeitraum hinweg (Monate, Jahre, Jahrzehnte, Jahrhunderte oder mehr).

## KLIMAGERECHTIGKEIT

Dieser Begriff beschreibt die soziale und politische Dimension der Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Klimawandel. Es geht dabei um die Unterschiede zwischen den Menschen und Ländern, die stärker zum Klimawandel beitragen, und denjenigen, die verstärkt von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen sind.

## KLIMASCHUTZ

Menschliches Eingreifen, um die globale Erwärmung einzudämmen. Ziel ist es, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren und Treibhausgasenken zu vergrößern.

## KLIMASYSTEM

Das Klima ist ein komplexes und dynamisches System, dessen Hauptenergiequelle die Sonne ist. Das Klimasystem wird durch zahlreiche Faktoren bestimmt, die miteinander wechselwirken und sich gegenseitig beeinflussen: die Atmosphäre, der Ozean, die Kryosphäre, die Landoberfläche und die Biosphäre.

## KLIMAWANDEL

Der Klimawandel bezeichnet Veränderungen des globalen Klimasystems: Veränderungen der Temperatur und des Niederschlags, extreme Ereignisse, Anstieg des Meeresspiegels und Ozeanversauerung. Der Begriff wird vor allem verwendet, um den menschengemachten Klimawandel zu beschreiben, der mit Beginn der industriellen Revolution eingesetzt hat. Der Klimawandel verursacht die Erderwärmung. Es wird auch der Begriff „globale Erwärmung“ benutzt.

## KOHLENSTOFFDIOXID (CO<sub>2</sub>)

Ein Gas, das bei der Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Verbindungen (z. B. fossilen Brennstoffen oder Holz) erzeugt wird. Es entsteht auch durch die Atmung von Lebewesen. CO<sub>2</sub> trägt zum Treibhauseffekt und zur Versauerung der Ozeane bei.

## KONTINENTALEIS

Kontinentaleis umfasst alle Eismassen an Land wie zum Beispiel Gletscher und Eisschilde. Nicht dazu zählen Schnee, Permafrost und Meereis. Kontinentaleis entsteht durch die Ansammlung und Verdichtung von Schnee über einen langen Zeitraum hinweg. Oft wird auch der Begriff Inlandeis verwendet.

**KRYOSPHÄRE**

Eis und Schnee auf der Erde – sowohl an Land als auch im Wasser: Gletscher, Eisschilde, Meereis, Schnee, Permafrost, gefrorene Seen und Flüsse.

**KÜSTENEROSION**

Durch die Einwirkung von Wind, Wellen und Strömungen werden an den Küsten Sand und Fels abgetragen, was zu Landverlust führt. Die Küstenerosion kann durch menschliche Aktivitäten sowie durch den Klimawandel (vor allem durch den Anstieg des Meeresspiegels und zunehmenden Niederschlag) verstärkt werden.

**KÜSTENÖKOSYSTEME**

Küstenökosysteme entstehen dort, wo Land auf Wasser trifft. In diesen Gebieten kann es zu einer Mischung aus Süß- und Salzwasser kommen, was eine einzigartige Umgebung schafft, mit einer spezifischen Struktur und Artenvielfalt. Zu den Küstenökosystemen zählen Salzwiesen, Mangroven, Seegraswiesen, Flussmündungen und Buchten.

**MEEREIS**

Gefrorenes Meerwasser, das auf der Ozeanoberfläche treibt.

**MEERESSPIEGELANSTIEG**

Der weltweite Anstieg des mittleren Meeresspiegels, verglichen mit dem Meeresspiegel in vorindustrieller Zeit.

**MEERESSTRÖMUNG**

Eine Bewegung von Wassermassen durch den Ozean. Warme und kalte Strömungen verteilen Wärme rund um den Planeten.

**NACHHALTIGE ENTWICKLUNG**

Entwicklung, die den Bedürfnissen der Gegenwart gerecht wird, ohne zukünftigen Generationen die Möglichkeit zu rauben, ihre eigenen Bedürfnisse zu erfüllen.

**NATÜRLICHE VARIABILITÄT**

Variationen im Klimasystem, die nicht auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen sind. Zum Beispiel ist ‚El-Niño‘ ein Phänomen, das alle paar Jahre auftritt, während der Wechsel zwischen Kalt- und Warmzeiten auf einer Zeitskala von Jahrtausenden geschieht.

**ÖKOLOGISCHES SYSTEM**

Ein Ökosystem ist die Gesamtheit aller Lebewesen in einer bestimmten Umgebung plus diese Umgebung selbst. Alle Bestandteile eines Ökosystems hängen voneinander ab und wechselwirken miteinander.

**ÖKOLOGISCHES SYSTEMDIENSTLEISTUNGEN**

Menschen profitieren direkt und indirekt von ihrer natürlichen Umgebung (den Ökosystemen). Beispiele: Ökosysteme produzieren Sauerstoff (durch Photosynthese) und Nahrung, und versorgen uns mit Rohstoffen. Ökosysteme erhalten die Bodenfruchtbarkeit (mittels Mikroorganismen und Pilzen), sorgen für die Befruchtung von Pflanzen (durch Bestäubung) und schützen die Küsten (durch intakte Korallenriffe und Mangroven). Wir brauchen die Ökosysteme zur Erholung und für unsere Freizeitaktivitäten. Außerdem haben sie für uns Menschen eine kulturelle und spirituelle Bedeutung.

**OZEANVERSÄUERUNG**

Ein Anstieg des Säuregehalts des Meerwassers – verursacht durch CO<sub>2</sub> aus der Atmosphäre, das sich im Oberflächenwasser des Ozeans auflöst. Wenn CO<sub>2</sub> mit Wasser reagiert, wird das Wasser saurer.

**PERMAFROST**

Boden, Stein oder Sediment, das ständig gefroren ist (in mindestens zwei aufeinanderfolgenden Jahren).

**PRIMÄRPRODUKTION**

Primärproduktion im Ozean ist der Prozess, bei dem Primärproduzenten wie Pflanzen, Phytoplankton und Algen durch Photosynthese aus CO<sub>2</sub>, Wasser, Mineralstoffen und Licht organische Materie produzieren.

**RÜCKKOPPLUNG**

Eine Rückkopplungsschleife kann sich positiv oder negativ (Teufelskreis) auswirken: Manche Ereignisse oder Prozesse verstärken (positive Rückkopplung) oder verringern (negative Rückkopplung) eine oder mehrere Ursachen der globalen Erwärmung.

**THERMISCHE TRÄGHEIT**

Die Eigenschaft von Materie, sich der Temperatur ihrer Umgebung anzunähern. Je langsamer dieser Vorgang ist, desto höher ist die thermische Trägheit. Beispiel: Die Atmosphäre erwärmt sich schneller als der Ozean – das bedeutet, dass der Ozean eine größere Trägheit hat als die Atmosphäre.

**THERMOHALINE ZIRKULATION**

Tiefe und oberflächliche Meeresströmungen, die durch Unterschiede in der Temperatur und dem Salzgehalt der unterschiedlichen Wasserschichten entstehen. Kaltes und salzigeres Wasser sinkt in die Tiefen des Ozeans, während warmes und weniger salziges Wasser nach oben treibt. Das „globale Förderband“, die großen Meeresströmungen des Ozeans, transportiert Wärme rund um die Erde.

**TREIBHAUSEFFEKT**

Sonnenstrahlung durchquert die Atmosphäre, wird von der Erdoberfläche absorbiert und erwärmt diese. Die aufgenommene Sonnenstrahlung wird in Infrarotstrahlung (Wärme) umgewandelt. Ein Teil dieser Infrarotstrahlung wird bei ihrem Weg in Richtung Weltall von Treibhausgasen eingefangen und zurück zur Erdoberfläche geschickt. Dadurch wird die Erdoberfläche noch weiter erwärmt. Das erklärt die Erderwärmung, die wir seit etwa anderthalb Jahrhunderten beobachten: Je mehr Treibhausgase in der Atmosphäre, desto stärker ist der Treibhauseffekt.

**TREIBHAUSGAS**

Treibhausgase verursachen den Treibhauseffekt. Die wichtigsten Treibhausgase sind Wasserdampf (H<sub>2</sub>O), Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Methan (CH<sub>4</sub>), Lachgas (N<sub>2</sub>O) und Ozon (O<sub>3</sub>).

**VULNERABILITÄT**

Die Empfindlichkeit einer Bevölkerung oder menschlicher Infrastruktur gegenüber den Gefahren des Klimawandels. Beispiel: Eine niedrigliegende Region mit gutem Küstenschutz ist weniger vulnerabel gegenüber dem Meeresspiegelanstieg als eine niedrigliegende Region ohne Küstenschutz (bzw. ohne finanzielle Mittel für Küstenschutz).

**WÄRME-AUSDEHNUNG**

Zunahme des Volumens eines Körpers (oder einer Flüssigkeit oder eines Gases) aufgrund des Anstiegs seiner Temperatur. Im Hinblick auf den Klimawandel: Wenn der Ozean wärmer wird, dehnt er sich aus und nimmt mehr Platz ein. Das führt zu einem Anstieg des Meeresspiegels.

**WÄRMESENKE**

Im Kontext des Klimawandels ist eine Wärmesenke etwas, das Wärme von der wärmer werdenden Atmosphäre aufnehmen kann, wie zum Beispiel ein Wald oder der Ozean. Wenn die Atmosphäre Wärme abgibt, wird sie kühler. Die größte Wärmesenke des Klimasystems ist der Ozean, der bislang 90% der durch die globale Erwärmung entstandenen Wärme aufgenommen hat.

**WETTER**

Der Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort. Das Wetter wird durch zahlreiche Variablen beschrieben, wie etwa die Temperatur, der Niederschlag, die Wolkendichte oder die Windstärke und -richtung.



# DANKSAGUNGEN

Dieses Bildungsprojekt ist das Ergebnis einer intensiven Zusammenarbeit zwischen dem Team des Office for Climate Education und vielen Partnern aus den Bereichen Wissenschaft und Bildung.

Die Autoren danken:

Allen Experten, die das OCE unterstützen, die beim Verfassen der wissenschaftlichen und pädagogischen Hintergrundinformationen mitgewirkt haben und die dank ihrer kritischen Anmerkungen und Vorschläge zur Entwicklung der pädagogischen Aktivitäten beigetragen haben. In alphabetischer Reihenfolge: **Juan Carlos Andrade, Laurent Bopp, Badin Borde, Caroline Coté, Sanny Djohan, Randy Fananta, Serge Janicot, Jean Jouzel, Pierre Léna, Maria Martin, Claudia Martinez, Valérie Masson-Delmotte, Cliona Murphy, Anwar Rumjaun, Jean-Baptiste Sallée, Pramod Kumar Sharma, Aline Tribollet, Martin Vancoppenolle und Gabrielle Zimmermann.**

Lehrerinnen und Lehrern, die die Aktivitäten mit ihrer Klasse ausprobiert haben. In alphabetischer Reihenfolge: **Christine Barbier, Catherine Broch, Elisabeth Cochet, Sylvie Decitre, Véronique Delachienne, Sébastien Garreau, Mathias Hoppe, Kévin Faix, Catherine Legrand Marcq, Sébastien Lhomme, Marie-Laure de Miguel-Braban, Anne-Hélène Monfort, Katell Senabre, Sinead Lally, Yvonne Naughton.**

Den folgenden Organisationen, die es uns erlaubt haben, Inhalte ihrer Publikationen zu nutzen. In alphabetischer Reihenfolge: **Fondation La main à la pâte** (*Le climat, ma planète et moi!*, *Ma maison, ma planète et moi!*, *Je suis écomobile* und *L'océan, ma planète et moi!*), **The Ocean & Climate platform** (*Scientific Factsheets*), **Science Museum UK** (*Exploring climate science – Atmosphere*), **The Conversation** (Artikel von Kieran Baxter), **Trócaire und das Centre for Human Rights and Citizenship Education DCU Institute of Education** (*Creating Futures*), **UNESCO** (*Sandwatch-Adapting to climate change and educating for sustainable development*).

Den Experten, die an der Entwicklung der interaktiven Aktivitäten und Videos mitgewirkt haben, die dieses Handbuch begleiten. In alphabetischer Reihenfolge: **Etienne Berthier, Sébastien Carassou, Fabrice Chauvin, François Fromard, Raphaël Gerson, Eric Guilyardi, Mathieu Hirtzig, Catherine Jeandel, Aude Lemonsu, Angelique Melet, Emma Michaud, Jean-Baptiste Sallée und Martin Vancoppenolle.**

Den Grafikern, die zur Benutzerfreundlichkeit und der ansprechenden Gestaltung dieses Handbuchs beigetragen haben: **Dorothee Adam, Romain Garouste, Claire Mazard und Mareva Sacoun.**

Schließlich möchte das OCE den folgenden Organisationen danken, deren wissenschaftliche, betriebliche und finanzielle Unterstützung wesentlich für die Erstellung dieses Handbuchs war. In alphabetischer Reihenfolge:

**ADEME, CASDEN, IPCC Group 1 Technical Support Unit, Institut Pierre Simon Laplace (IPSL Climate Graduate School), Institut de Recherche pour le Développement, Investissements d'avenir, Fondation La main à la pâte, Fondation Luciole, Météo France, association Météo et Climat, Fondation Prince Albert II de Monaco, Siemens Stiftung und Sorbonne-Universität.**

# QUELLENANGABEN

- Seite 8 Sean Dedić, Unsplash  
Seite 13 Visa Vietnam, Pixabay  
Seite 20 Bering Land Bridge National Preserve, Wikicommons  
Seite 31 OCE  
Seite 33 Stekirr, Wikicommons  
Seite 36 OCE  
S. 41, 43, 44 Lydie Lescarmontier  
David Wilgenbus  
Jon Sullivan, Wikicommons  
Starus, Wikicommons  
Gunawan Kartapranata, Wikicommons  
Chensiyuan, Wikicommons  
Bjørn Christian Tørrissen, Wikicommons  
David Sedlmayer, Wikicommons  
Octav Cado, Unsplash  
Tavyland, Wikicommons  
Corey Leopold, Wikicommons  
Seite 47 OCE  
Seite 58 OCE  
Seite 62 OCE  
Seite 64 Antonia Reeve, Wikicommons  
Wellcome collection, Wikicommons  
Zawar Hussain, Trócaire  
Deepay, Wikicommons  
Seite 67 Wknight94, Wikicommons  
Skeeze, Wikicommons  
PI77, Wikicommons  
Seite 72 La main à la pâte  
Seite 74 Sébastien Blein  
Lydie Lescarmontier  
Seite 76 Lydie Lescarmontier  
João Rocha  
Seite 77 Sébastien Blein  
Seite 78 KARI/ESA  
Seite 80 La main à la pâte  
Seite 82 Ron, Wikicommons  
Dincher, Wikicommons  
James St. John, Flickr  
Seite 85 La main à la pâte  
OCE  
Véronique Delachienne  
Seite 86 OCE  
Seite 89 OCE  
Seite 90 OCE  
Seite 93 OCE  
Seite 97 La main à la pâte  
Seite 101 Sylvie Décitre  
Seite 107 OCE  
Seite 112 Association for Polar Early Career Scientists  
Seite 130 Maersk Line, Wikicommons  
Seite 141 La main à la pâte  
Seite 142 La main à la pâte/Sonnentaler  
Christine Barbier  
Seite 145 Hitesh Choudhary, Pexels  
Unknown, Trócaire  
Peter O’Doherty, Trócaire  
Seite 146 Rosie Murray, Trócaire  
Ibar Silva, Flickr  
Unknown, Peakpx  
Seite 150 Mark Harpur, Unsplash  
Alfredo Borba, Wikicommons  
Mosa Moseneke, Unsplash  
Seite 151 Les Petits Débrouillards  
GandolT, Wikicommons  
Seite 152 Yaelstav, Wikicommons  
Profmauri, Wikicommons  
Victoria Kolbert, Wikicommons  
Seite 153 Melissa.s, Wikicommons  
Silvio Marchini, Fundacaocrystalino  
FEE Eco-schools LCC GO Green Eco Club  
Loreto College Curepipe, Mauritius  
Seite 163 Mathilde Valdenaire  
Seite 165 Sandwatch  
Sébastien Blein  
Seite 166 Samuel Chow, Wikicommons  
Seite 168 Profmauri, Wikicommons  
Seite 171 Stekirr, Wikicommons  
Seite 173 La main à la pâte  
Seite 174 La main à la pâte  
Seite 176 La main à la pâte  
Seite 177 La main à la pâte  
Luigi Chiesa, Wikicommons  
Renardo la vulpo, Wikicommons  
Seite 178 Save Route to School, Wisconsin  
Seite 179 OCE



**Das Klima in unseren Händen** ist eine Sammlung von Bildungsmaterialien für Schulen der Primar- und Sekundarstufe, erstellt vom *Office for Climate Education* und seinen Partnern.

Dieser erste Band „**Ozean und Kryosphäre**“ bietet einen fertig ausgearbeiteten Unterrichtsplan, der Schülern den Klimawandel sowie den Ozean und die Kryosphäre in ihrer wissenschaftlichen und sozialen Dimension auf lokaler und globaler Ebene näherbringt, ihr logisches Denken fördert und sie darin begleitet, konkrete Maßnahmen zum Klimaschutz und/oder zur Anpassung an den Klimawandel in ihren Schulen und Gemeinden umzusetzen.

Der Weltklimarat hat festgestellt:

- **Der Ozean und die Kryosphäre sind für uns lebensnotwendig.**
- **Der Ozean und die Kryosphäre stehen unter Druck.**
- **Ihre Veränderungen wirken sich auf unser aller Leben aus.**
- **Die Zeit zu handeln ist jetzt.**

Dieses Handbuch:

- richtet sich an 9- bis 15-jährige Schülerinnen und Schüler (Ende der Grundschule und Sekundarstufe I);
- enthält wissenschaftliche und pädagogische Hintergrundinformationen, Unterrichtspläne, Vorschläge für Aktivitäten, Arbeitsblätter sowie Verweise auf externe Materialien (Videos und Multimediaaktivitäten);
- ist interdisziplinär – die Unterrichtseinheiten umfassen Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften, Kunst und Sport;
- fördert eine aktive Pädagogik: forschend-entdeckendes Lernen, Rollenspiele, Debatten und projektbasiertes Lernen.



UNDER THE AUSPICES OF UNESCO  
AND THE FOUNDATION LA MAIN À LA PÂTE

UNTER DER  
SCHIRMHERRSCHAFT VON



Under the auspices of  
**UNESCO**



FONDATION  
**La main à la pâte**

Das 2018 auf Initiative der Stiftung La main à la pâte und der Klimawissenschaftler-Community gegründete Office for Climate Education (OCE) hat sich zum Ziel gesetzt, weltweit die Klimabildung zu fördern und Lehrende zu unterstützen. Seit 2020 ist das OCE ein Zentrum unter der Schirmherrschaft der UNESCO.

GRÜNDUNGSMITGLIEDER



MIT DER  
UNTERSTÜTZUNG VON



**SIEMENS** | Stiftung

