



ICOS |  Cities



WAS MACHT CO₂ MIT UNSEREM KLIMA?

Astrid Hügli-Frautschi



Impressum:

Projektleitung:

Astrid Hügli-Frautschi

Kontakt TU München:

Daniel Kühbacher: daniel.kuehbacher@tum.de

Prof. Jia Chen: jia.chen@tum.de

Astrid Hügli-Frautschi: astrid@ahsc.ch

Empa

Andrea Fischer: andrea.fischer@empa.ch

Danksagung

Die Autorin dankt dem ICOS-Cities Projekt und seinen Beteiligten, insbesondere dem Team der Empa, unter der Leitung von Dr. Lukas Emmenegger, für die gute Zusammenarbeit.

Besonderen Dank gilt folgenden Personen für den konstruktiven Austausch, die fachkundigen Rückmeldungen und die hilfreichen Anregungen bei der Erstellung dieses Lehrmittels:

Dr. Lukas Emmenegger, Empa, Schweiz

Dr. Andrea Fischer, Empa, Schweiz

Prof. Dr. Hubertus Fischer, Universität Bern, Schweiz

Dr. Martin Steinbacher, Empa, Schweiz

Dr. Roland Vogt, Universität Basel, Schweiz

Ein spezieller Dank geht an Dr. Robert Gehrig für das Lektorat.



"PAUL, Pilot Applications in Urban Landscapes - Towards integrated city observatories for greenhouse gases (ICOS Cities), has received funding from the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under grant agreement No 101037319."

Lehrmittel „Was macht CO₂ mit unserem Klima?“, Version 1, Dezember 2023

CO₂-Modul © 2023 by Astrid Hügli is licensed under [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



Materialliste

- 8 Planeten laminiert
- Chenillendraht (rot + gelb), Sonnenpfeil (gelbes, dickes Papier)
- 8x Dosen mit Alukügelchen
- Ballone
- Natron
- 15x Ballonklemmen
- 8x kleines Glas mit Deckel
- 2x CO₂ Messegerät EmpAir
- 4x große Glasgefäße durchsichtig
- 2x Tupperware
- 2x Eiswürfelform (min. 40 Eiswürfel)
- Lappen
- Malerklebeband
- 8x Glasbehälter (2dl)
- Weisses und Schwarzes Papier (160g/cm²)
- Gummibänder
- 4x Thermometer (bis 100°C)
- Isolierplatte
- pH-Messstreifen
- Stark CO₂-haltiges Mineralwasser
- Straßenkreide
- 6x kleines Glas mit Deckel
- Kleiner Löffel und Gemüsemesser
- 4x feuerfeste Unterlage
- Nadeln trocken und frisch (Nadelhölzer)
- 8x Lupen
- 4x Climate Fresk Kartenset 1x laminiertes Set





Städte sind Hotspots für menschenverursachte (anthropogene) Treibhausgasemissionen. Weltweit emittieren Städte etwa 2/3 der Treibhausgase und spielen daher eine wichtige Rolle bei den Bemühungen um Emissionsminderungen und der Umsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens. Deshalb haben zahlreiche Städte Maßnahmen zur Reduktion dieser Emissionen getroffen. Auch die Stadt Zürich will die Treibhausgasemissionen senken. Dies hat die Bevölkerung in der Abstimmung "Klimaschutzziel Netto-Null 2040" im Mai 2022 beschlossen.

Das europäische Projekt ICOS Cities unterstützt die Städte dabei durch das Erkennen, Beobachten und Überprüfen der Treibhausgasemissionen (z.B. CO₂ Ausstoß).

In Europa wurden drei **Pilotstädte** ausgewählt:

- **Paris** (eine große Stadt)
- **München** (eine mittelgroße Stadt)
- **Zürich** (eine kleinere Stadt)

Die Ziele des ICOS Cities Projekts sind:

- Die Messung der Emissionen von Treibhausgasen
- Die Entwicklung von Dienstleistungen und Modellen zur Analyse und Darstellung der Beobachtungen
- Die Sensibilisierung der Bevölkerung
- Die Unterstützung der Städte bei der Umsetzung städtischer Klimaaktionspläne

Deutsche Partner von ICOS Cities sind: Technische Universität München (TUM), Universität Heidelberg, Universität Freiburg

Weitere Informationen zu ICOS-Cities:

<https://www.icos-cp.eu/projects/icos-cities>





Inhaltsverzeichnis

Atmosphäre

- Treibhauseffekt
- Treibhausgase

Gletscher und Eisflächen

- Alpen
- Arktis und Antarktis
- Albedo Effekt

Wasser

- Wassertemperatur
- Meeresspiegel
- Versauerung

Boden und Vegetation

- Quellen und Senken von CO₂
- Biodiversität
- Wetterextreme

Was können wir tun?

- Anzeichen der Klimaerwärmung
- Ursachen
- Was können wir tun?
- Fake und Fakte

Climate Fresk

- 42 Karten entdecken
- Gruppen von 5-7 Personen
- Ursachen und Auswirkungen des Klimawandels zu einem Puzzle verknüpfen





Symbole im CO₂-Modul



Für die ganze Klasse

ICOS ^{***} Cities



Erklärungen für die Lehrperson

ICOS ^{***} Cities



Experiment

ICOS ^{***} Cities

AB1:

AB = Arbeitsblatt

ICOS ^{***} Cities

- «Schülerinnen und Schüler» wird in den Anleitungen als **SuS** abgekürzt.
- «**Bild**» weist auf die entsprechende Grafikkarte des Climate Fresk hin. Z. B. **Bild 12**

Bsp. Experimentierplatz einrichten:



Theorieblatt



Experimentieranleitung



passende Fresk-Karten



Material



Lernziele

Schülerinnen und Schüler:

- begreifen wie Kohlendioxid (CO₂) entsteht.
- begreifen den Zusammenhang zwischen CO₂ und der globalen Erwärmung.
- erkennen die Gefahr der Klimaerwärmung.
- begreifen, dass CO₂ nicht von alleine verschwindet.
- können gängige Falschaussagen über das Klima entlarven.
- kennen Möglichkeiten CO₂ zu reduzieren.
- engagieren sich den eigenen CO₂-Abdruck zu reduzieren.





Kompetenzen

Schülerinnen und Schüler:

- können den natürlichen Treibhauseffekt und den durch den Menschen verursachten Treibhauseffekt am Modell erklären.
- können Ursachen von CO₂ erklären und in einen Zusammenhang zur Klimaerwärmung bringen.
- können Lösungen zur Reduktion von CO₂ beschreiben.
- kennen den Begriff CO₂-Abdruck und können über ihren eigenen reflektieren.
- können Langzeitfolgen der Erderwärmung beschreiben.





Unterrichtsablauf I

Vorbereitung

- Eiswürfel herstellen
- trockene Tannennadeln und grüne Nadelzweige suchen und bereitstellen
- Mineralwasser mit viel Kohlensäure in den Kühlschrank stellen

Theorie und Experimente

- Experimentieranleitung mit Bildern, Anweisungen und Theorieblatt plus Material vorbereiten. 2 SuS pro Experimentiergruppe.
- Fragen zu Experimenten: wo aufschreiben? Papier oder iPad?
- **Klassenexperimente (E4/E5)** einrichten
- **4 Kapitel planen: Atmosphäre, Gletscher und Eisflächen, Wasser, Boden und Vegetation**

Einstieg: Was weißt du schon? Was möchtest/solltest du wissen?

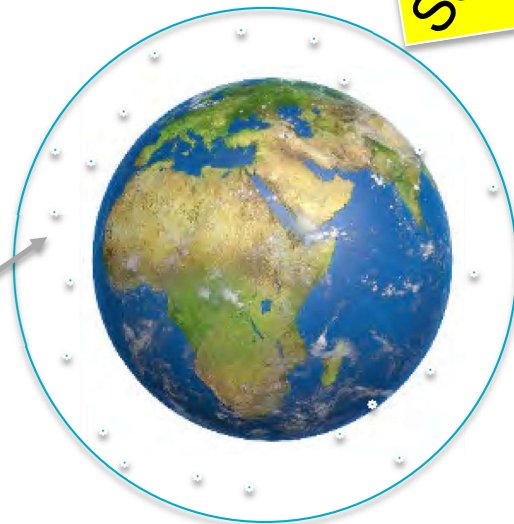
Atmosphäre

- Gemeinsam oder in Gruppen (je ein **Planet**)
Aufbau der Atmosphäre besprechen:
Planetenmodell + Kreis mit Kreide =
Atmosphäre verwenden
- Woraus besteht die Atmosphäre?
*Stickstoff 78%, Sauerstoff, 21% Treibhausgase
und Argon = Edelgas (Zerfall von Kalium)*
- Warum hat die Erde eine Atmosphäre?
Schutz vor Strahlung

Alukügelchen verteilen = Treibhausgase
in der Atmosphäre verteilen
Diese Gase streuen Wärmestrahlung von der
Erde wieder auf die Erde zurück.

- Was ist **ein Treibhaus**/Treibhauseffekt am
Modell zeigen
- Wie entstehen Treibhausgase?
- Wie globale Temperatur beeinflussen mit
Treibhausgasen?
- Treibhausgase benennen (CO₂, Methan,
Lachgas)
- Wie viel CO₂ (0.042 %) gibt es in Atmosphäre?
Würfel zeigen mit Zahlenvergleich

- Experimente durchführen (E1a/E1b/E2/E3)
E3 App herunterladen. Messungen ev. als Spaziergang gemeinsam machen (Baustelle,
Pausenplatz) . Messwerte besprechen.
- Hierapolis Geschichte (fakultativ)





Unterrichtsablauf II

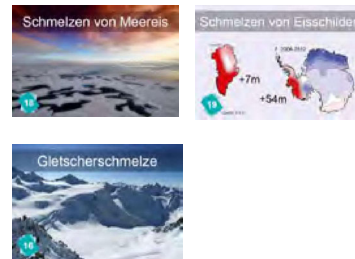
Gletscher und Eisflächen

Eiswürfel (ca. 50 Würfel) am Vortag herstellen.

Unterschied Arktis (Nordpol) → Meereis und Antarktis (Südpol) → Festlandeis erklären. Albedo Effekt erklären, Analogie zu weissen und schwarzen Oberflächen im Alltag (T-Shirt).

Gletscherschmelze in den Alpen thematisieren: Schmelzwasser sehr wichtig für Landwirtschaft.

Experimente **E4** und **E5** können als Klassenexperiment durchgeführt werden.



E4 Klassenexperiment:

SuS beobachten den Verlauf des Experiments (ca. 2h) und beantworten Fragen mit Unterstützung durch **Bilder: 16, 18, 19, 31.**

Die Lehrperson kann mit einem Föhn das Schmelzen beschleunigen.

E5 Klassenexperiment:

Im Freien April – September oder im Schulzimmer hinter der Fensterscheibe.

Weisse und schwarze Hüllen resp. Deckel für Gläser vorbereiten.

2x Thermometer bereit stellen. Holzunterlagen für Gläser bereitstellen.

Standort festlegen.

Temperatur-Messreihe mit verschiedenen Gruppen erstellen.

Wasser

Für Experimente Mineralwasser mit viel Kohlensäure in den Kühlschränken stellen.

70 % der Erde ist Wasser. Die Ozeane regulieren die Temperatur. **Bild 12** → Sie sind eine grosse Kohlenstoffsenke = nehmen CO₂ auf aus der Atmosphäre.

Dichte des Wassers ist temperaturabhängig → besprechen.

Das bedeutet, das Volumen nimmt mit zunehmender Temperatur zu → Meeresspiegel steigt an. **Bild 17/22**

Probleme der Ozeane besprechen. Wassertemperatur erhöht, weniger Sauerstoff, Versauerung, Überfischung, Plastik, Chemikalien... **Bild 23/24**



Was sagt der pH-Wert aus? Wie sauer oder basisch ist eine Flüssigkeit (Lösung)? Bsp. Unsere Haut hat einen Säureschutzmantel pH 5.5., Magensäure 1-1.5 = extrem sauer, Essig ca.2,8, Seife 8-10

Messen mit pH-Messstreifen.





Unterrichtsablauf III

Experimente:

- **E6:** pH messen. Mineralwasser kalt und verschlossen bereitstellen, Teststreifen in trockener Umgebung aufbewahren.
Bilder: 17, 20, 22, 23, 24, 27
- **E7:** Strassenkreide verwenden, löst sich besser als Tafelkreide., Mineralwasser kühl und verschlossen halten.
- Geschichte des Nyos-See (fakultativ)

Boden und Vegetation

Vorbereitung: trockene und grünen Nadeln von Nadelbäumen sammeln.

Vokabular Boden besprechen, Biodiversität ansprechen, Beispiele aus der Umgebung.

Fotosynthese repetieren.

CO₂-Senke = Ort, wo CO₂ aus der Atmosphäre aufgenommen werden kann.

Bilder: 6, 8, 9, 12, 25 besprechen



Fotosynthese = Senke für CO₂.

Biodiversität und Landwirtschaft. CO₂-Senken besprechen Bild 25

- **E8:** Standort festlegen, im Sommer mit der Lupe durchführen (Mai-Sept.): Kühle Jahreszeit Exp. Mit Streichholz im Labor durchführen → feuerfeste Unterlagen.

Anzeichen des Klimawandels →



Und jetzt

- Mit Bildern Ursachen und Wirkung zusammenstellen.
- Climate Fresk (2 Lehrpersonen nötig pro Klasse) durchführen
- Was können wir tun? Wo entstehen Treibhausgase

→ Bilder: 1, 2, 3, 4, 5, 8

Konsequenzen:

Lufttemperatur steigt

und

Wassertemperatur steigt

Bilder: 21, 30, 35, 36

Bilder: 17, 22, 26, 33, 34, 24



- Fake oder Fakt?





CO₂-Projekt in verschiedene NT-Fächer einflechten

Biologie

- Fotosynthese behandeln
- CO₂-Senken: Wald, Wiese, Moore
- Das Treibhaus in der Gärtnerei
- Das Treibhaus für die Erde: wie entsteht es.
- Tannennadeln brennen (dürr, frisch)
- Biologischer Abbau durch Mikroorganismen

Chemie

- Säure-Base Reaktionen
- pH-messen
- CO₂ herstellen
- pH von kohlenensäurehaltigem Wasser messen
- Kalk auflösen
- Chemische Zusammensetzung der Luft in der Atmosphäre
- Chem. Formeln der Treibhausgase

Physik

- Licht ist eine Welle
- Zusammensetzung des Sonnenlichts
- Farben
- Infrarotstrahlung
- Streuen von Infrarotstrahlung an Treibhausgasen (Modell)
- Treibhausgase regulieren globale Temperatur

Geografie

- Aufbau der Atmosphäre
- Treibhauseffekt
- Treibhausgase





Einstieg

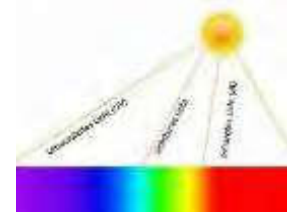
Vorwissen sammeln:





Vokabular Atmosphäre

- **Anthropogener Treibhauseffekt** = menschengemachter Treibhauseffekt. Verursacht durch Verbrennung fossiler Energieträger.
- **Atmosphäre**: die Lufthülle der Erde, die den Planeten umgibt und das Leben auf der Erde ermöglicht..
- **Emission**: Ausstoßen von festen, flüssigen oder gasförmigen Stoffen z. B. CO₂ ausstoßen/freisetzen.
- **Globale Erwärmung** = Erwärmung auf der ganzen Welt. Das heißt, dass sich die durchschnittliche Temperatur überall auf der Erde über einen längeren Zeitraum hinweg erhöht. **Global** muss aber nicht bedeuten, dass das überall auf der Erde gleichmäßig passiert.
- **Infrarotstrahlung** = Wärmestrahlung: langwellige Strahlung.
- **Klima**: ist der Mittelwert des Wetters beobachtet über 30 Jahre eines Jahres typischer Wetterverlauf
- **Klimaerwärmung**: Die gegenwärtige globale Erwärmung oder Erderwärmung (umgangssprachlich auch „der Klimawandel“) ist der Anstieg der Durchschnittstemperatur der erdnahen Schichten
- **Kohlenstoffdioxid** = Kohlendioxid = CO₂: chemische Verbindung zwischen zwei Sauerstoffatomen mit einem Kohlenstoffatom O=C=O. Das Gas Kohlenstoffdioxid ist farblos, gut in Wasser löslich, nicht brennbar und geruchlos.
- **ppm** = Parts per Million (1: 1.000.000)
- **Treibhauseffekt**: Die in der Atmosphäre enthaltenen **Treibhausgase** absorbieren die Wärmestrahlung und geben sie sogleich wieder in alle Richtungen ab. Es gibt zwei Formen des Treibhauseffekts.
Der **natürliche Treibhauseffekt** (natürliche Quellen von CO₂) bildet auf der Erde die Basis für lebensfreundliche Temperaturen.
Der **menschengemachte Treibhauseffekt** (durch Verbrennen von fossilen Brennstoffen) verursachte globale Erderwärmung meint.
- **Treibhausgase**: Gase in der Luft, die die Wärme wieder auf die Erde zurückschicken.
- **Treibhausgasemission** = Ausstossen von Treibhausgasen
- **Wetter**: aktuell spürbarer Zustand wie Wind, Niederschlag, Temperatur an einem bestimmten Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt. Normalerweise auf 5-10 Tage voraussehbar.





Atmosphäre



Der Planet Erde wird von einer Gashölle, genannt Atmosphäre, umgeben. Sie schützt die Erde vor gefährlicher Strahlung, sorgt dafür, daß auf der Erde lebensfreundliche Temperaturen herrschen, ermöglicht den Wasserkreislauf und unsere Atmung.

Die Atmosphäre besteht aus 78% Stickstoff (N_2) und 21% Sauerstoff (O_2). In kleinen Mengen kommen Argon (0.9 %) und sogenannte Spurengase, darunter auch die Treibhausgase, vor.

Die Sonnenstrahlen durchqueren zu einem großen Teil die Atmosphäre und treffen auf der Erde auf Land, Wasser oder Eis. Diese Oberflächen nehmen die Energie auf und erwärmen sich. Ein Teil der Wärme strahlt als Wärmestrahlung durch die Atmosphäre wieder in das Weltall zurück.

Einfluss der Treibhausgase:

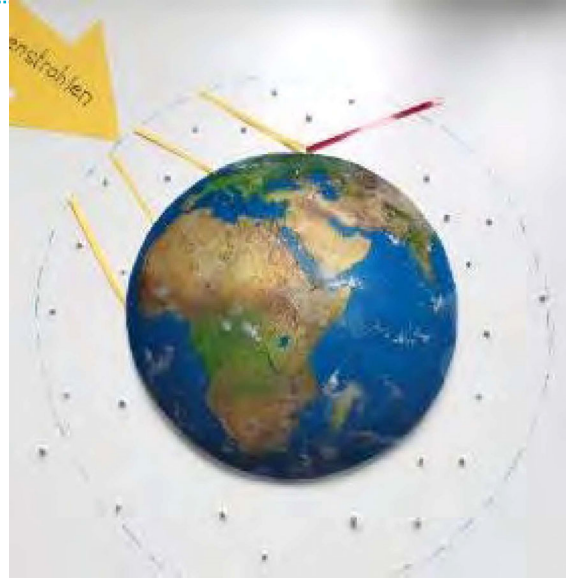
- Damit Leben auf der Erde möglich ist, darf die Temperatur nicht allzu stark schwanken. Dies wird durch ein Gleichgewicht zwischen Sonneneinstrahlung und Wärmeabstrahlung erreicht. Dieses Gleichgewicht wird durch die Treibhausgase beeinflusst.
- Die wichtigsten Treibhausgase sind: Wasserdampf H_2O , Kohlenstoffdioxid CO_2 , Methan CH_4 und Lachgas N_2O .
- Trifft die, von der Erdoberfläche abgestrahlte, Wärmestrahlung auf die Moleküle der Treibhausgase (z. B. auf CO_2), so haben diese die Fähigkeit, einen Teil der Wärmestrahlung wieder auf die Erde zurückzusenden.
- Die Menge der Treibhausgase in der Atmosphäre ist ausschlaggebend, wie viel der Wärmerückstrahlung im System Erde-Atmosphäre verbleibt und wie viel in das Weltall abgestrahlt wird. Damit haben die Treibhausgase einen großen Einfluss auf die durchschnittlichen Temperaturen auf der Erde.

Was geschieht heute:

- Die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre wird vor allem durch menschliche Aktivitäten erhöht. Ursachen sind die massive Verbrennung von fossilen Energieträgern, die intensive Landwirtschaft und die Abholzung der Wälder. Die laufende Erhöhung der Menge der Treibhausgase in der Atmosphäre führt zu einem kontinuierlichen Anstieg der Temperatur auf der Erde und damit zum Klimawandel.

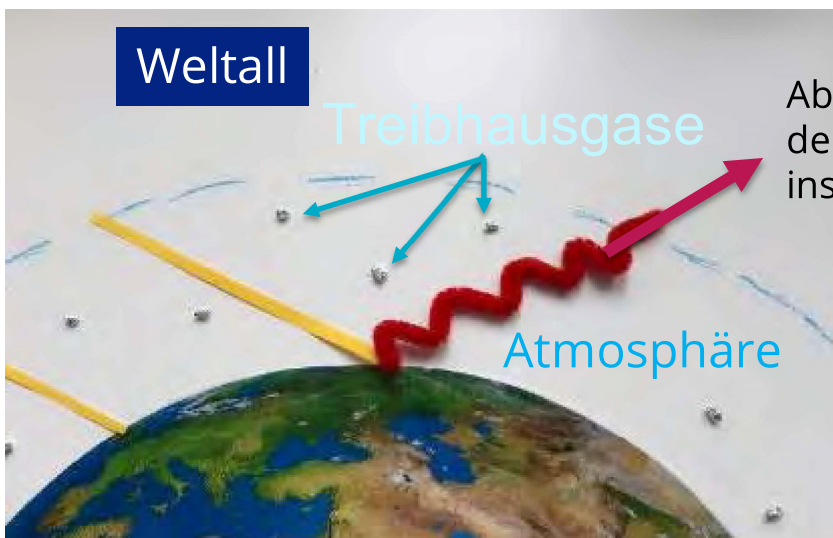


Modell auf dem Tisch: Atmosphäre mit Treibhausgasen



Atmosphäre:
78% Stickstoff N_2 , 21% Sauerstoff,
0.9% Edelgase, 0.04%
Kohlendioxid CO_2 und andere
Treibhausgase

Sonnenstrahlen durchdringen die
Atmosphäre. Die Erdoberfläche
absorbiert, je nach Oberflächen-
Beschaffenheit, die Sonnenenergie
und schickt Wärmeenergie zurück
Richtung All.





Der Treibhauseffekt

- Ein Treibhaus ist ein durchsichtiges Haus aus Glas oder Kunststoff. Das Glas ist durchlässig für das eingestrahlte sichtbare Licht; Wärmestrahlung (sogenanntes Infrarotes Licht) kann hingegen kaum entweichen. So generiert man ein warmes Klima, wo Pflanzen schneller gedeihen und Früchte früher geerntet werden können. Die Temperatur kann durch Öffnen einzelner Glasflächen reguliert werden.

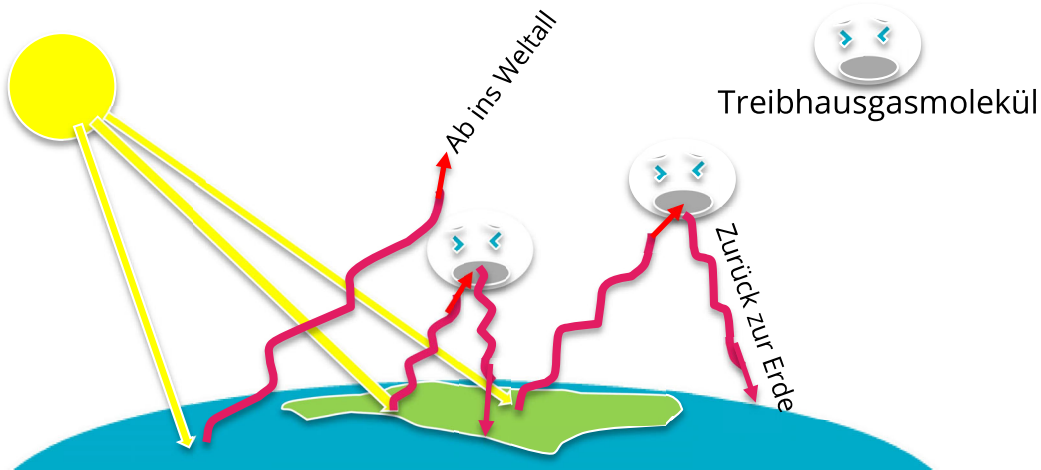


- Die Atmosphäre hat teilweise ähnliche Eigenschaften wie das Treibhaus. Anstelle der Glasflächen wirken sogenannte **Treibhausgase** (Moleküle) wie Wasserdampf H_2O , Kohlenstoffdioxid CO_2 , Methan CH_4 und Lachgas N_2O .
- Die Sonnenstrahlung dringt durch die Atmosphäre und wandelt sich an der Erdoberfläche in Wärmestrahlung um. Diese Wärmestrahlung wird teilweise an den Treibhausgasen gestreut. Dadurch wird die Abstrahlung der Wärme in das Weltall behindert und ein Teil der Wärme verbleibt in der Atmosphäre.
- Ein Anteil dieser Treibhausgase war immer vorhanden und hat uns auf der Erde das „Leben“ ermöglicht. Das nennt man den **natürlichen Treibhauseffekt**. Der natürliche Treibhauseffekt entsteht vorwiegend durch **Wasserdampf**, der durch Verdunstung in die Atmosphäre gelangt, und CO_2 , das unter anderem bei jeder **Ausatmung** und jedem **natürlichen Verbrennungsprozess** gebildet wird.
- Der natürliche Treibhauseffekt wird durch menschliche Aktivitäten, insbesondere durch die **Verbrennung fossiler Energieträger** (z. B. Benzin, Gas, Kohle) verstärkt. Dabei entstehen vor allem riesige Mengen an Kohlenstoffdioxid CO_2 . Ein Treibhausgas, das die Wärmestrahlung auf der Erde zurückhält. Folglich erwärmt sich unser Klima (= Klimaerwärmung). Das bezeichnet man als **menschengemachten** (= anthropogenen) **Treibhauseffekt**.



Die Treibhausgase

- Gasmoleküle mit mehr als zwei Atomen, wie Kohlendioxid CO_2 , Methan CH_4 , Wasserdampf H_2O und Lachgas N_2O nehmen Wärmestrahlung auf und streuen sie zurück zur Erde. Man nennt diese Gase Treibhausgase.
- Eine weitere Eigenschaft der Treibhausgase ist die lange Verweilzeit in der Atmosphäre. Das vergrößert den Klimateffekt.

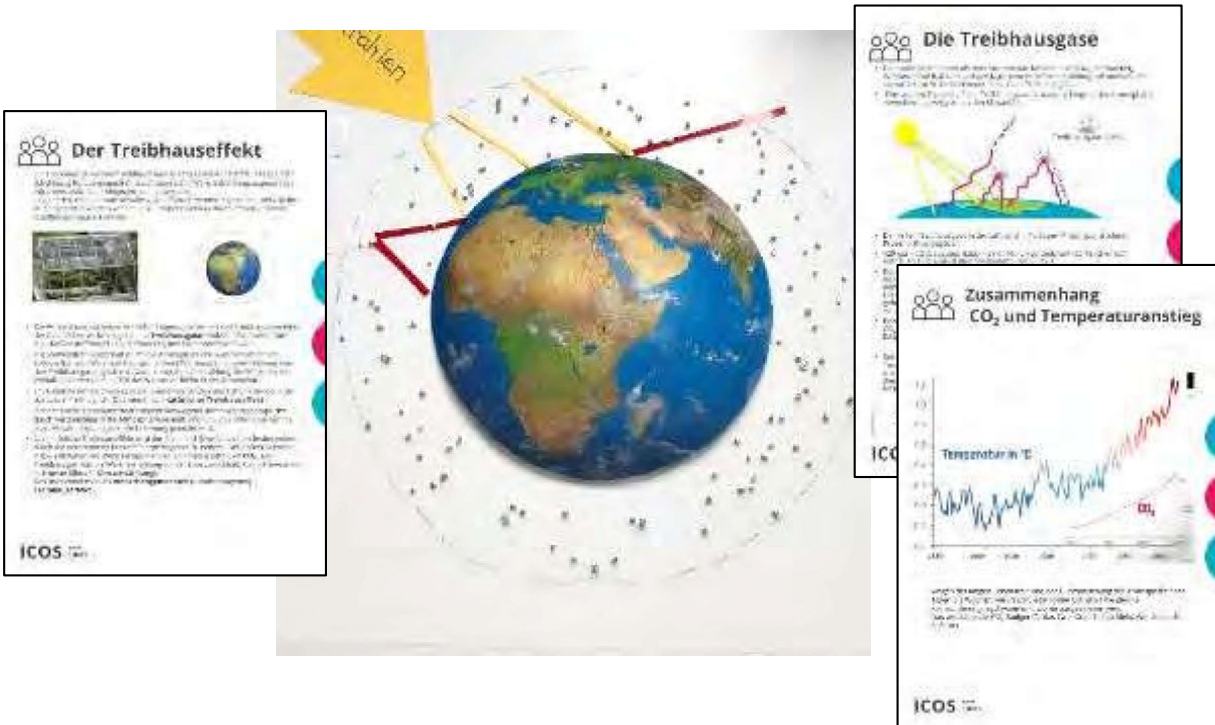


- Kohle, Öl und Erdgas sind in Millionen von Jahren durch Umwandlungsprozesse aus Wäldern, Plankton und Pflanzen in tiefen Erdschichten entstanden. Deshalb nennt man diese Energieträger auch **fossile Energieträger**. Die Pflanzen haben damals CO_2 aus der Atmosphäre entnommen und im Boden gebunden. Mit der Verbrennung fossiler Energieträger, z. B. beim Heizen oder Autofahren, wird das CO_2 wieder freigesetzt.
- Der Anteil Treibhausgase in der Luft wird in parts per million (ppm) oder in Prozent (%) angegeben. 420 ppm CO_2 bedeutet, dass in einer Million Luftteilchen 420 Teilchen CO_2 enthalten sind. Das ist gleichbedeutend mit 0.042 %.
- Beispiel: Wenn ein Fahrzeug einen Liter Benzin verbraucht, entspricht das einem CO_2 Ausstoß (Emission) von ca. 2,37 Kilogramm.
- Seit der industriellen Revolution im 19. Jahrhundert hat sich die Anzahl der CO_2 -Teilchen um 43% erhöht. Ohne den gegenwärtigen menschlichen Einfluss auf das Klimasystem würde sich die Erde also nicht in dieser Masse erwärmen. Heute ist es global schon rund 1.2 Grad wärmer als vor 100 Jahren.

Treibhausgase sind Moleküle, die die Wärme wieder zur Erde zurückschicken und damit die Klimaerwärmung antreiben.



Modell Arbeitsplatz

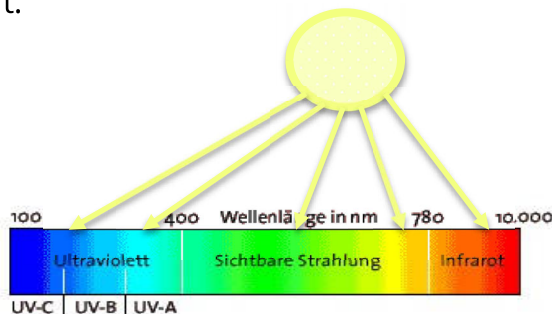


Die Sonnenstrahlen treffen zu:

- 71% auf Wasseroberflächen, wobei ca. 5% Meereis ist.
- 29% auf Land, wobei 3% Gletscher sind.

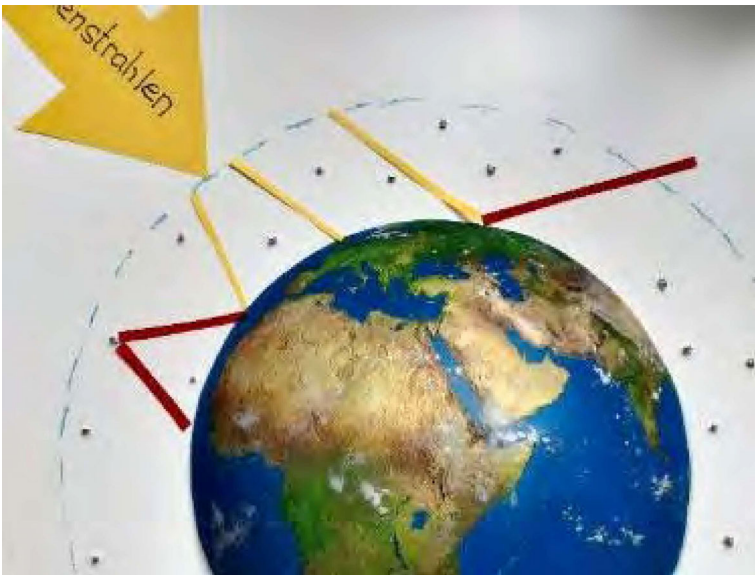
Spektrum der Sonne

Beim Treibhauseffekt geht es um die Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung), die von der Erde wieder Richtung All geschickt wird und dabei auf Treibhausgasmoleküle trifft.





Modell Treibhauseffekt



Trifft die Wärmestrahlung auf ein Treibhausgas-Molekül (hier Alukügelchen), so wird die Wärmestrahlung wieder Richtung Erde zurückgestreut.



Alukügelchen stehen im Modell für Treibhausgase



Je mehr Treibhausgase in der Atmosphäre sind, desto wärmer wird das Klima auf dem Planeten.



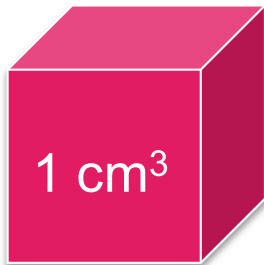


CO₂ Volumen

Bei Gasen hat ein Mol ein Volumen von 22,4 Litern bei Normbedingungen.

- 1 mol = 24,46 l
- 1/ 24,46 mol = 1 l = 1 dm³
- 1 Mol sind $6,022 \cdot 10^{23}$ Teilchen => 24,46 l
- 1l → $24,6 \cdot 10^{21}$ Teilchen → 1dm³
- In 1 cm³ Luft hat es ca, $24,6 \cdot 10^{18}$ Teilchen
- davon sind 0.04% CO₂ also $9,8 \cdot 10^{15}$ also ca. **10¹⁶ Teilchen**

25 x 10¹⁸ Luft-Teilchen
25'000'000'000'000'000'000
25 Trillionen



Davon 1x 10¹⁶ CO₂
10'000'000'000'000'000
10 Billionen

Ein Mol hat ja ein Volumen von 22,4 Litern.

Die atomare Masse von Sauerstoff = 16 Gramm je Mol, von Kohlenstoff = 12 Gramm je Mol →
 $16 + 16 + 12 = 44$ g atomare Masse von CO₂ .

Also ein Mol CO₂ wiegt 44g = 22,4 l
1l CO₂ wiegt $44/22,4 = 1,96$ g → 1kg CO₂ = 520 l





Andere Treibhausgase:

Methan CH_4 / Lachgas N_2O

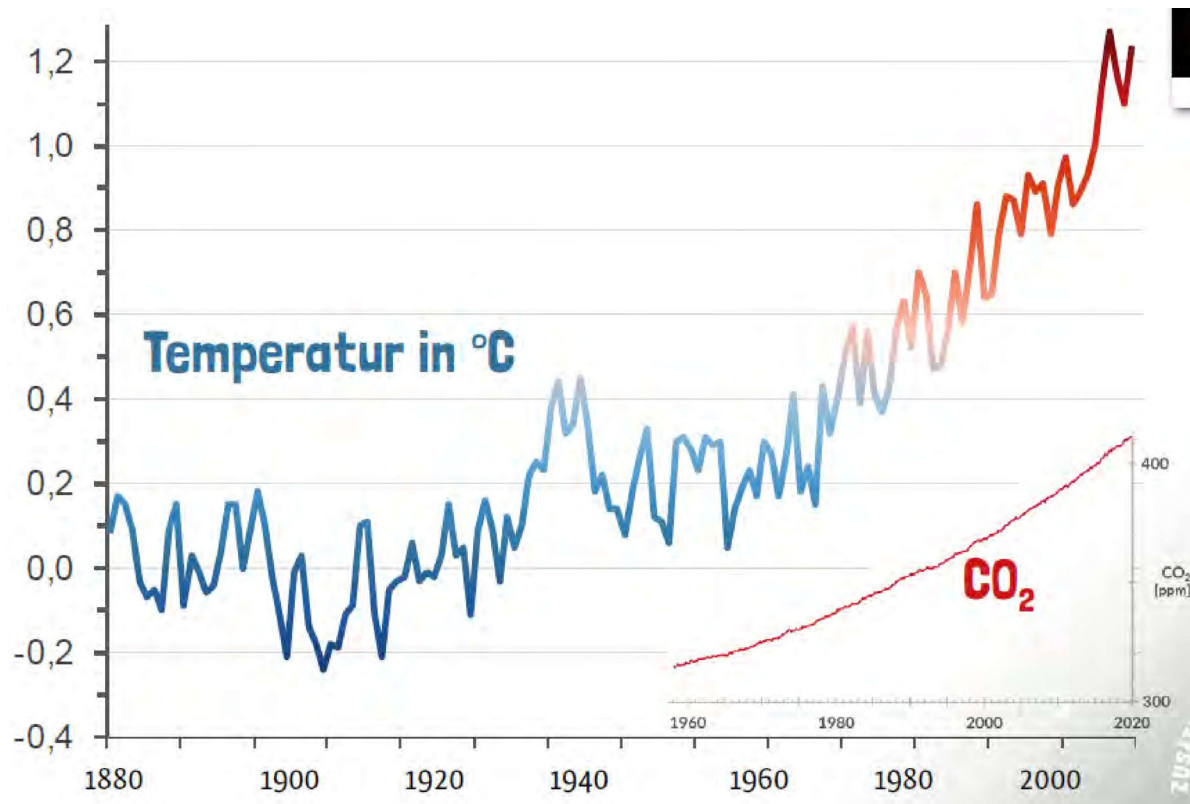
- **Methan CH_4** , auch Erdgas genannt, ist ein **30x stärkeres** Treibhausgas als CO_2 .
- Methan bildet sich, wenn Pflanzen unter Luftausschluss abgebaut werden z. B.:
im Magen einer Kuh,
in Reisfeldern,
in Mülldeponien
- Methan entsteht auch bei der Förderung fossiler Brennstoffe durch Fracking. Zudem entweicht es aus undichten Gaspipelines.
- Methan ist zu 37 % auf Viehhaltung zurückzuführen und trägt mit etwa 20 % zum menschengemachten Treibhauseffekt bei. Durch die Massentierhaltung hat es stark zugenommen.
- Methan-Moleküle verbleiben circa 12 Jahre in der Atmosphäre.

- **Lachgas N_2O** = Distickstoffmonoxid ist farblos und geruchlos.
- Lachgas ist ein ca. **200x stärkeres** Treibhausgas als CO_2 .
- Lachgas entsteht zu zwei Dritteln in der Landwirtschaft.
Werden die Böden zu intensiv mit stickstoffhaltigem Kunstdünger gedüngt, können die Pflanzen den Stickstoff nicht genügend aufnehmen. Der überschüssige Dünger wird von Mikroorganismen abgebaut. Dabei entsteht unter anderem Lachgas, welches zur Klimaerwärmung beiträgt. Lachgas trägt mit etwa 7 % zum menschengemachten Treibhauseffekt bei. Lachgas verbleibt über 100 Jahre in der Atmosphäre





Zusammenhang CO₂ und Temperaturanstieg



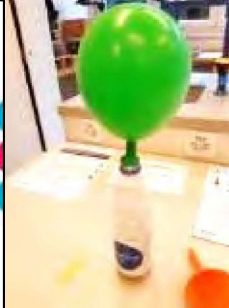
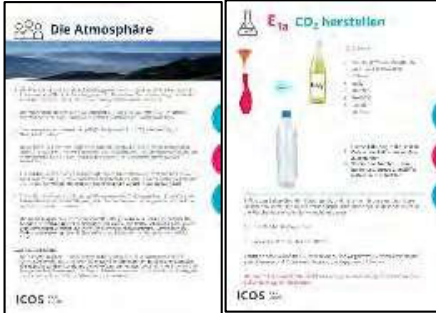
Wegen der langen Lebenszeit und der Durchmischung der Atmosphäre nach Tagen bis Wochen, verursacht jede Tonne CO₂ etwa die gleiche Klimaänderung, egal wann und wo sie ausgestoßen wird. Das verbleibende CO₂-Budget für das Zwei-Grad-Ziel ist klein. Wir sind nicht auf Kurs.





Experimentierplatz einrichten

Bilder: 5, 7, 9

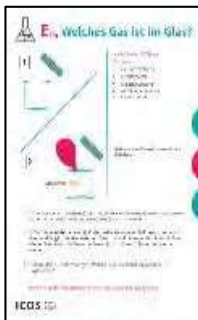


E1a

Material pro Station:

Essig

- Löffel,
- Natron,
- Ballon
- Trichter
- Messbecher
- PET-Flasche



E1b

- 2 Gläser
- Malerklebeband
- Filzstift
- Streichhölzer



E2

1 Ballon mit CO₂ füllen und einen 2. mit Atemluft aufblasen. Beide Ballone sollen gleich gross sein. (ev. CO₂ aus Druckflasche)
Nur einen Platz bereitstellen.

E3*

CO₂ Messgerät: 2

Gruppen gleichzeitig möglich

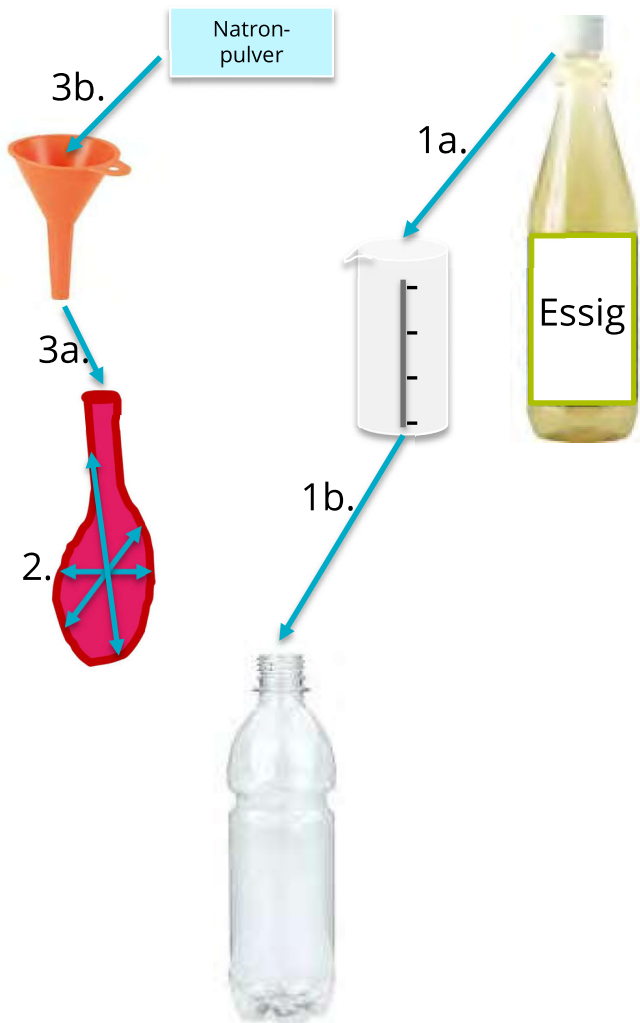


App. herunterladen → Handy oder iPad verwenden

* zusätzliches Experiment



E_{1a} CO₂ herstellen



Du brauchst:

- Flasche (PET oder Glasflasche 0.5 l – 0.75 l) mit Deckel
- Natron
- Essig
- Trichter
- Teelöffel
- Ballon
- Klemme
- Messbecher für Essig

1. Giesse mit dem Messbecher 1 dl Essig in die Flasche.
2. Dehne den Ballon einige Male auf alle Seiten auseinander.
3. Stecke den Trichter in den Ballonhals. Streue 2 Teelöffel Natron in den Trichter.

Stülpe den Ballon über den Flaschenhals und halte ihn mit der Hand am Flaschenhals fest. Eine zweite Person richtet den Ballon auf, so dass das Pulver in die Flasche rieseln kann. Ballon nicht loslassen.

1. Warte bis sich nichts mehr verändert. Beschreibe das Experiment.
2. Wie erklärst du dir das Resultat?

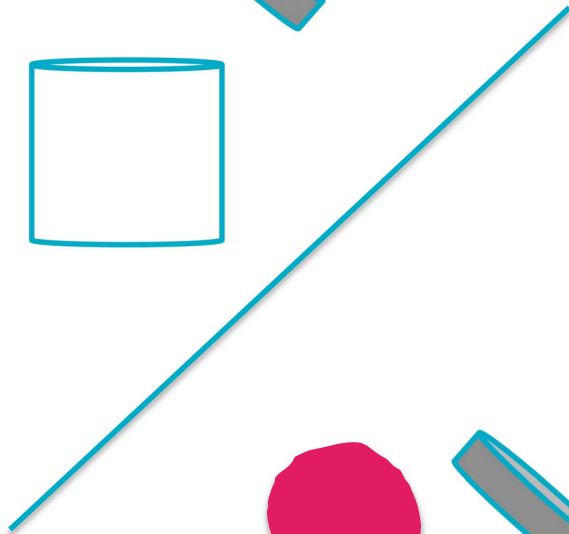
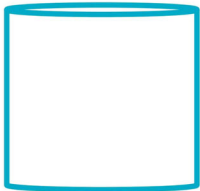
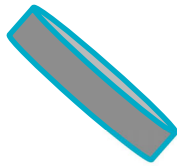
Verdrehe den Ballonhals 2-3 -mal bevor du ihn wegnimmst. Verschliesse ihn mit einer Klemme und führe anschliessend das Experiment E_{1b} durch.

Nach dem Experiment bitte die PET-Flasche ausspülen und den verschlossenen Ballon zu Exp.E_{1b} mitnehmen.

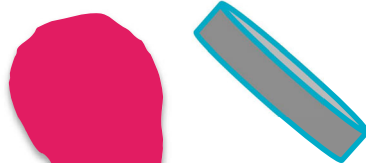


E_{1b} Welches Gas ist im Glas?

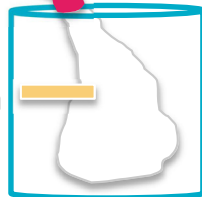
1



2



Markieren



Nach E1a durchführen

Du brauchst:

- 2x Glas mit Deckel
- Streichhölzer
- Malerklebeband
- Gefüllten Ballon aus Experiment E1a

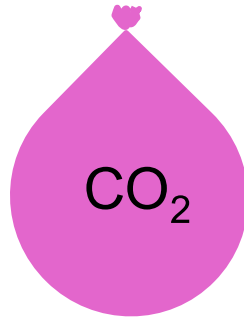
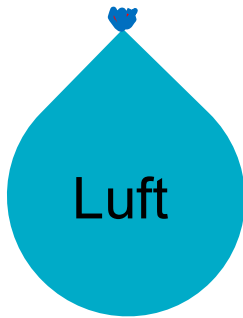
Markiere ein Glas mit einem Stück Klebeband.

1. Öffne das nicht markierte Glas (1) und halte ein brennendes Streichholz hinein. Entferne das Streichholz und verschliese das Glas wieder.
2. Öffne das **markierte** Glas (2). Entferne die Klemme am Ballon und lasse das Gas vorsichtig in das Glas strömen. Dann halte ein brennendes Streichholz in dieses Glas hinein. Entferne das Streichholz und verschliese das Glas (2) wieder.
3. Notiere deine Beobachtungen. Welche Schlüsse ziehst du aus dem Experiment?

Bitte den Ballon am offenen Fenster leeren und bei E1a hinlegen.



E₂ Gase vergleichen



Du brauchst:

- 2x Ballon
- CO₂ (aus der CO₂-Druckflasche oder aus E_{1a})

Vorbereitung:

1. Fülle einen Ballon mit CO₂ aus einer CO₂-Druckflasche.
Oder:
Erzeuge CO₂ in einem Ballon (Experiment E_{1a}). Verknote den Ballon.
2. Blase einen 2. Ballon so auf, dass sein Umfang gleich gross ist wie der erste. Verknote ihn ebenfalls.

1. Versuche den Unterschied der beiden Gase zu ermitteln.
2. Welchen Unterschied hast du entdeckt?

Bitte beide Ballone verknotet am Experimentierplatz lassen.



E_{1ab/2}

CO₂ Eigenschaften

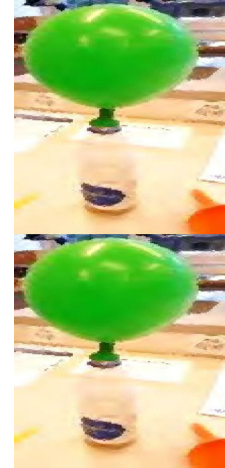
E1a CO₂ herstellen

Wenn Essig und Natron gemischt werden, entsteht unter heftigem Schäumen Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Wasser (H₂O).

Das gasförmige CO₂ steigt von der Flasche in den Luftballon, drückt die Gummihülle auseinander und bläst ihn auf.

Die chemische Formel für Natron ist NaHCO₃ (Natriumhydrogencarbonat). Man kann sich vorstellen, dass aus dieser Substanz CO₂ entstehen kann.

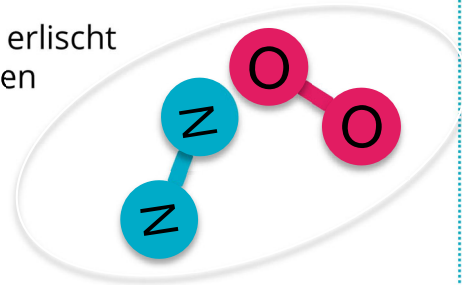
Natron wird auch als Treibmittel beim Backen verwendet. Backpulver besteht aus Natron, Säure und Stärke. Im feuchten Teig löst sich das Säurepulver und reagiert mit dem Natron. Es bilden sich kleine CO₂-Blasen, die den Teig luftig machen.



E1b Welches Gas ist im Glas

Im 1. Glas befindet sich ein normales Luftgemisch. Das Streichholz erlischt nicht, da genügend Sauerstoff für die Flamme vorhanden ist.

Im 2. Glas, welches mit dem Gas aus dem Ballon aus dem Experiment E1a gefüllt wurde, befindet sich vorwiegend CO₂. Das CO₂ verdrängt den Sauerstoff im Glas. So erlischt die Flamme des Streichholzes, da Feuer zum Brennen Sauerstoff benötigt.



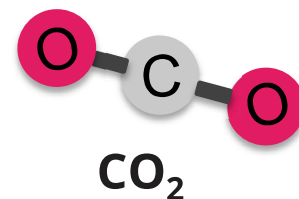
Luft:
O₂ und N₂

E2 Gase vergleichen

Ein Ballon wird mit CO₂, z. B. aus einer CO₂-Druckflasche gefüllt. Ein Zweiter wird mit Atemluft auf die gleiche Größe (wie CO₂-Ballon) aufgeblasen .

Lässt man beide Ballone aus gleicher Höhe fallen, erreicht der CO₂-Ballon zuerst den Boden. Das bedeutet, dass das CO₂ Gas schwerer als Luft ist.

Das unterschiedliche Gewicht spürt man auch , wenn man beide Ballone auf die Hände legt.





App für CO₂- Messgerät

Beschreibung:

- Die App EmpAIR zeigt die CO₂ Konzentration, die Temperatur und die Luftfeuchtigkeit an. Die Daten können auch gespeichert werden.
- Die App gibt es für Android und iOS.
- Weitere Infos und eine Version für Huawei-Handys: www.empa.ch/empair
- Die Erlaubnis für Ortungsdienste erteilen (Android). Es wird kein Standort von der App gespeichert!

Anleitung zur Installation

- Schließe andere aktive Apps auf dem Handy oder iPad.
- In Google Play (Android) oder App Store (iOS) nach EmpAIR suchen.
- App installieren und starten.



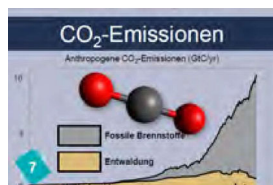
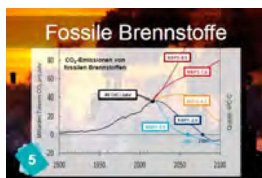
EmpAIR
André Kupferschmid • Tools

Oder :

- Nimm dein Handy und scanne den QR - Code des Sensors.
- Wenn die App keinen Sensor finden kann: Aktiviere die Standortdienste im Allgemeinen auf dem Gerät (Android) - Einstellungen > Sicherheit und Standort > Datenschutz > Standort



Bilder: 5, 7





E₃ CO₂ messen



Du brauchst:

- CO₂ - Messgerät
- Handy mit App

Wähle verschiedene Messorte.
Begründe deine Wahl der
Messorte.

1. Miss an verschiedenen Orten den CO₂-Wert.
2. Halte die Messwerte in einer Tabelle fest und vergleiche sie.
3. Diskutiere die Messwerte in der Klasse.

Hierapolis



Hierapolis in der heutigen Türkei war ein magischer Ort. Die Stadt nahe Pamukkale zog schon vor über 2000 Jahren Pilger an.

Antike Geschichtsschreiber berichteten vom "Tor zur Hölle". Folgende Ereignisse geschahen bei den Zeremonien an diesem magischen Ort:

Im römischen Pluto-Tempel, einer unterirdischen Grotte von Hierapolis fielen Opfertiere, wie von Geisterhand gefällt, tot um. Priestern, die direkt daneben standen, geschah dagegen nichts. Die Menschen waren damals überzeugt, dass das der tödliche Atem des Höllenhunds Kerberos sein musste. Dieser bewachte für den Gott Hades den Eingang zur Unterwelt.

Die Zuschauer konnten, von ihren höher gelegenen Sitzreihen in der Arena, das mystische Spektakel ungefährdet beobachten.

Es waren aber keine übernatürlichen Kräfte im Spiel.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass aus Rissen im Boden vulkanisches Kohlendioxid (CO_2) in diese Grotte strömt. Dabei bildet sich, je nach Uhrzeit, ein unsichtbarer, tödlicher Gas-See. Weil CO_2 schwerer ist als Luft, sind die Werte am Boden besonders hoch.

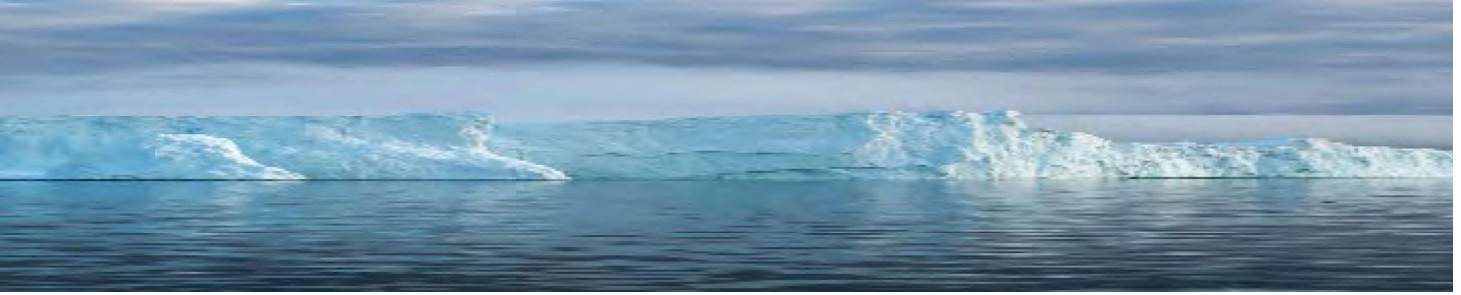
Frühmorgens ist die CO_2 -Konzentration am höchsten. Je länger die Sonne scheint desto mehr wird die Umgebung aufgeheizt. Dadurch entstehen Luftströmungen, die die Gase verteilen und somit die Konzentration reduzieren. Geht die Sonne unter, steigt das Kohlendioxid wieder an. Deshalb legten die Priester die Zeremonien möglicherweise bewusst auf die frühen Morgenstunden. Forscher haben nachgewiesen, dass die CO_2 -Konzentration in den Höhlen zeitweise extrem hoch ist (bis zu 53% CO_2 in der Luft, tödlich ab ca. 4%).

Die Priester wussten, wann der tödliche Atem des Kerberos wirkte und bis zu welcher Höhe ein Aufenthalt völlig ungefährlich war. Morgens waren das etwa bei 40 cm über dem Boden. Wollten sie ihre übernatürlichen Kräfte demonstrieren, stellten sie sich auf Steine um die Opfertiere. Die Tiere standen jedoch mitten im CO_2 -See, wo sie die tödliche Dosis einatmeten. Die Priester konnten auf ihrer Position etwa 20 bis 40 Minuten unbeschadet stehen bleiben.





Gletscher und Eisflächen



Weisse Oberflächen reflektieren einen Teil der Sonnenenergie. Bei Eis beträgt dieser Anteil etwa 30 % und bei Neuschnee bis zu 90 %. Das bedeutet, daß nur ein kleiner Teil der Energie von Eis und Schnee aufgenommen wird und sich die Oberfläche kaum erwärmt.

Eis- und Schneeflächen spielen eine bedeutende Rolle im Klimasystem der Erde. Weltweite Veränderungen der Eis- und Schneeflächen, als Folge der globalen Erwärmung, beeinflussen unser Klima.

An den Polen unterscheidet man zwischen Meereis und Festlandeis. **Meereis** ist gefrorenes Meerwasser, **Festlandeis** ist Gletschereis, das aus Schneefall entstanden ist.

Der Großteil der **Arktis** (Gebiet am Nordpol) ist ein **Meer** (Arktischer Ozean) rund um den Nordpol, dem nördlichsten Punkt der Erde. Der Nordpol selbst ist normalerweise das ganze Jahr über von einer dicken Schicht von Meereis bedeckt. Nur im Sommer ist das Nordpolarmeer für die Schiffe teilweise passierbar. Durch die Klimaerwärmung tauen vermehrt größere Eisflächen auf. So schmelzen den Eisbären buchstäblich die Eisschollen unter den Pfoten weg!

- Die **Antarktis** (Gebiet am Südpol) ist ein **Kontinent**, d.h. eine von Gletschern (Festlandeis) bedeckte Landmasse. Die Gletscher bestehen aus Süßwasser. Am Rande der Landmasse brechen große Eisberge ab und schwimmen dann im Meer. Nimmt der Verlust von Gletschereis aus der Antarktis in den Süd Ozean aufgrund des Klimawandels zu, dann trägt dies zur Erhöhung des Meeresspiegels bei.



Arktisregion mit Seewege



Kontinent Antarktis

Was geschieht heute:

Schmelzen weiße Flächen, erscheinen dort Wasser- oder Bodenflächen. Diese nehmen mehr Sonnenenergie (absorbieren) auf. Das bedeutet, dass die Ozeane sich stärker erwärmen.



Gletscherschmelze Alpen

Am Beispiel des Triftgletschers



2011

und

2021

- Gründe für den Gletscherschwund sind geringere Schneemengen und vor allem zunehmende Temperaturen (als Folge des Klimawandels).
- Die Gletscherschmelze in den Alpen schreitet bei sommerlichen Hitzewellen besonders schnell voran.
- Oberhalb 2500 m ü. M. sind viele Böden das ganze Jahr gefroren, nur wenige Zentimeter an der Oberfläche tauen im Sommer auf. Solche Böden bezeichnet man als Permafrost. Durch die globale Erwärmung beginnt auch der Permafrost aufzutauen und der Boden kann instabil werden. Es kann zu Hangrutschen, Muren Abgängen und Felsstürzen kommen.
- Gletscher sind Süßwasserreserven und spielen eine wichtige Rolle bei der Wasserversorgung.
- Für alle Lebewesen ist Süßwasser lebensnotwendig. Der Anteil des Süßwasservorkommens beträgt ca. 3 % des Wasservorkommens auf der Erde.
- Das meiste Süßwasser (ca. 70 %) ist in Form von Eis und Schnee in den Polarregionen und im Hochgebirge gebunden. Etwa 30 % ist Grundwasser, d.h. unterhalb der Erdoberfläche. Weniger als 1 % des Süßwassers befindet sich als Oberflächenwasser in Bächen, Flüssen und Seen.





Albedo Effekt

Der Albedo Effekt beschreibt, wie viel Sonnenenergie an einer Oberfläche reflektiert wird (Rückstrahlvermögen).

Beispiele:

- Frischer Schnee hat eine Albedo von 0.9. Das bedeutet, dass 90% der Sonnenenergie reflektiert wird.
- Dunkler Asphalt hat dagegen eine Albedo von 0.15. Also werden nur 15% der Sonnenenergie reflektiert. 85% werden absorbiert (geschluckt).

Da die Fläche der Antarktis so groß ist, hat hier der Albedo-Effekt direkten Einfluss auf die Erwärmung der ganzen Erde.



Schnee mit Saharastaub (orange Fläche) oder Rußpartikel (graue Fläche) absorbiert mehr Sonnenenergie.

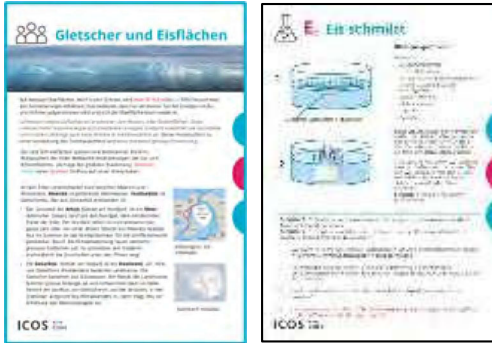
Je mehr Eisflächen verschwinden, desto mehr Sonnenenergie wird durch den dunklen Ozean oder durch Landoberflächen aufgenommen. Das führt wiederum zu einer Erwärmung von Wasser und Luft.

Zusätzlich beansprucht warmes Wasser mehr Platz und trägt so – neben dem Abschmelzen der Eismassen - zum Anstieg des Meeresspiegels bei.





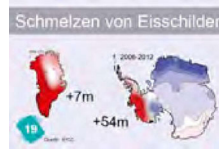
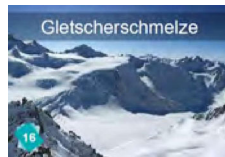
Experimentierplatz E4



Material:

- 2 grosse Glasgefäße
- kleines Gefäß mit Deckel (Tupperware)
- Eiswürfel (ca. 15 -20 pro Gefäß)
- Malerklebeband.
- Lappen

Antarktis



Bilder:
16,19, 31

Kleines Gefäß mit Wasser füllen und mit Deckel verschließen. Dieses in die Mitte einer Glasschüssel stellen. Dann die grosse Schüssel mit Wasser füllen bis ca. 2cm unter den Rand des kleinen Gefäßes. Dieses muss auf dem Boden stehen bleiben. Anschliessend 15-20 Eiswürfel auf dem Deckel des kleinen Gefäßes auftürmen. Sofort mit Malerband den Wasserstand aussen am großen Gefäß markieren. Beobachten!

Arktis

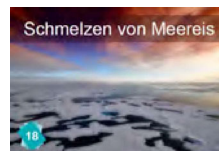
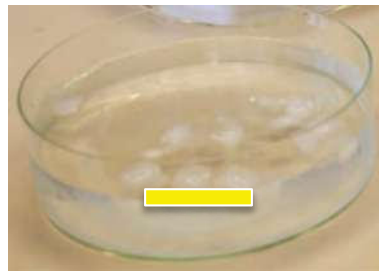


Bild: 18

Eine Glasschüssel zur Hälfte mit Wasser füllen. 15-20 Eiswürfel (ev. gemeinsam mit SuS) ins Wasser geben. Sofort den Wasserstand mit Malerklebeband markieren. Beobachten!

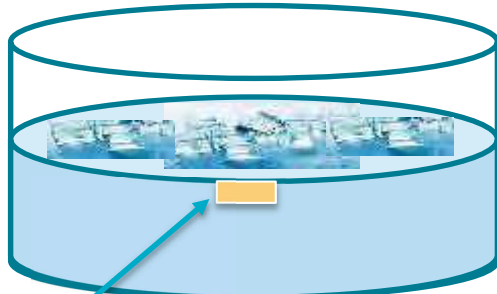
Erklärung:





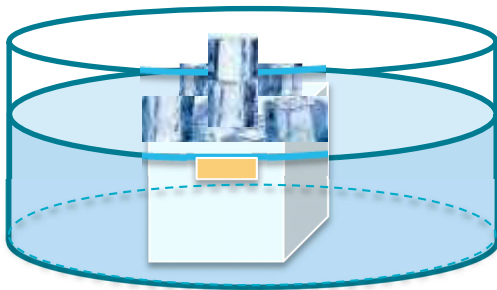
E₄ Eis schmilzt

1



Markierung Wasserstand mit Klebeband

2



Klassenexperiment

Material:

- 2x Eiswürfelformer
- ca. 2 x 25 Eiswürfel
- 2x grosse, durchsichtige Schüsseln
- kleines Gefäß mit Deckel (Plastikgefäß)
- ev. kleine Steine
- Malerklebeband
- Lappen
- ev. Föhn

Beide Schüsseln an einen warmen Ort stellen. Das kleine Gefäß mit Wasser (ev. mit einigen Steinen) füllen und mit dem Deckel verschließen. Gefäß in die Mitte der **Schüssel 2** platzieren.

Schüssel 2 so mit kaltem Wasser füllen, dass das kleine Gefäß noch ca. 2 cm über den Wasserspiegel ragt. Das Gefäß muss auf dem Boden der Schüssel stehen.

Schüssel 1 mit kaltem Wasser füllen.

Schüssel 1: 20 Eiswürfel auf die Wasseroberfläche legen und den Wasserstand mit Malerklebeband markieren.

Schüssel 2: 20 Eiswürfeln auf der Insel (= Gefäßdeckel) auftürmen und dann den Wasserstand mit Klebeband markieren.

1. Was wird mit dem Wasserpegel in den beiden Schüsseln geschehen? Jede Gruppe notiert ihre Vermutungen zu Beginn des Experiments.
2. Jede Gruppe beobachtet alle 15 Min. das Experiment, bis alle Eiswürfel geschmolzen sind und notiert ihre Beobachtungen. Interpretiert den Ausgang des Experiments.
3. Wo in der Natur könnte das Prinzip dieser beiden Experimente beobachtet werden?
4. Lehrperson kann mit einem Föhn Schmelzvorgang beschleunigen (Achtung Föhn nicht mit Wasser in Berührung bringen!)



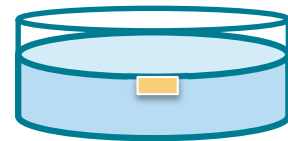
E₄ Eis schmilzt

Wasserschale ohne Gefäß

- Die Eiswürfel schmelzen in der warmen Luft. In der Schüssel 1 verändert sich der Wasserspiegel dadurch nicht. Die Eiswürfel haben so viel Raum verdrängt, wie das Wasser aus dem sie entstanden sind.
- Dies ist auch der Fall am **Nordpol** (Arktis): Das Eis entsteht, wenn bei tiefen Temperaturen das Meerwasser gefriert. Eisplatten schieben sich zu einer ganzen Eisdecke zusammen. Im Sommer taut es wieder auf. Gefriert Wasser, dehnt es sich aus. Dabei verdrängt das Eis exakt die Menge Wasser, die es zu seiner Entstehung benötigt. Beim **Schmelzen des Meereises** bleibt der **Meeresspiegel unverändert**.



1

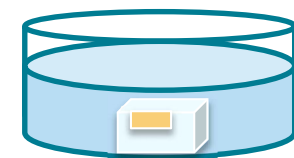


Wasserschale mit Gefäß

- Wenn in der Schüssel 2 das Eis schmilzt, rinnt es über den Gefäßrand in die Schüssel. Es kommt also mehr Wasser hinzu und der Wasserspiegel steigt. Falls Eiswürfel ins Wasser fallen, bewirkt dies auch einen Anstieg des Wasserstandes (zusätzliches Eis).
- Dies ist der Fall am **Südpol** (Antarktis): Die Antarktis ist ein Land (größer als Europa, auch der 6. Kontinent genannt), das mit riesigen Eisbergen bedeckt ist. Wenn die Eismassen des Südpols schmelzen, strömt das Wasser in den Ozean und beansprucht zusätzlichen Platz. Brechen Eisberge am Rande ab ergibt das auch einen zusätzlichen Anstieg des Wasserspiegels. Beim **Schmelzen des Landeises steigt** der **Meeresspiegel** an.



2





Exp. E5



Keine Bildkarten
Für dieses Experiment

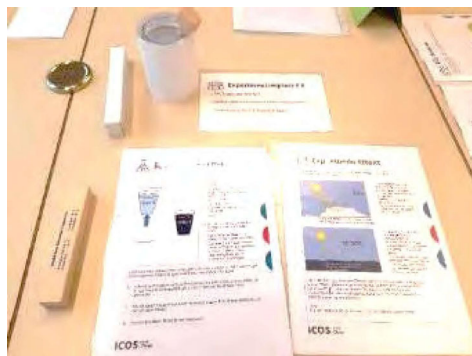
Klassenexperiment

Material:

- 2x Glas
- Weisses Papier (160 g/cm³)
- dunkelblaue oder schwarze Wasserfarbe
- Gummibänder
- 2x Thermometer
- Isolierende Unterlage z.B. Holzplatte



1. Beide Gläser mit der gleichen Menge Wasser füllen (siehe Bild).
2. **Glas 1** mit einem weissen Papier umhüllen, **Glas 2** mit einem schwarzen Papier.
3. Starttemperatur in beiden Gläsern messen und aufschreiben.
4. Glas 1 mit einem weissen Papier bedecken, Glas 2 mit einem schwarzen. Deckpapiere mit einem Gummiband fixieren.

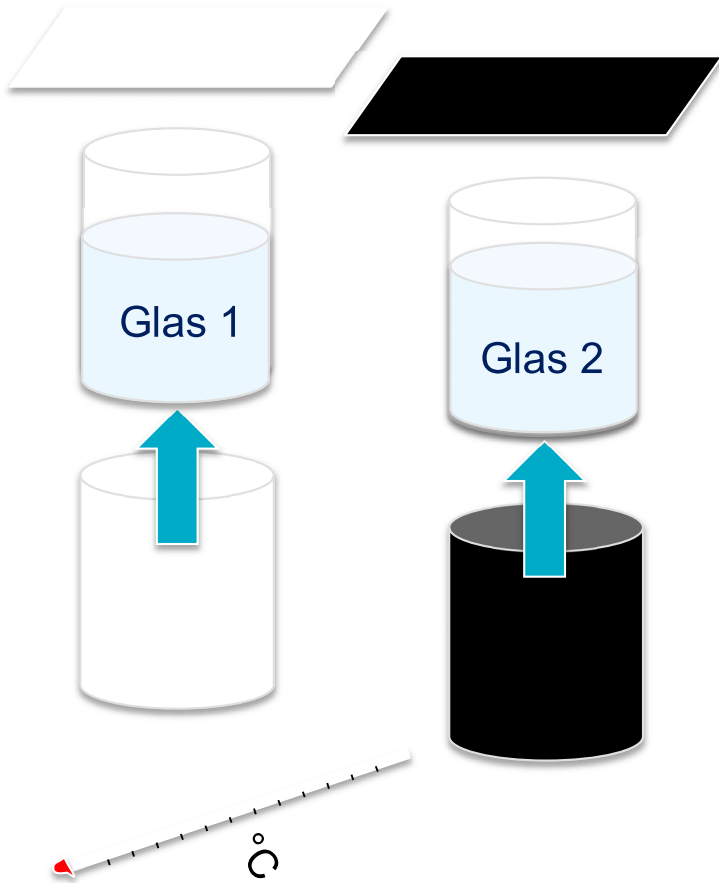


Das schwarz umhüllte Glas erwärmt sich stärker.
Schwarz absorbiert die Sonnenenergie.





E₅ Der Albedo Effekt



Klassenexperiment

Material:

- 2x Glas
- Weisses und schwarzes Papier (ca.160 gr/cm³)
- Gummibänder
- 2x Thermometer (Skala bis 100°C)
- Isolierende Unterlage z.B. Holzplatte

1. Beide Gläser mit der gleichen Menge Wasser füllen (siehe Bild).
2. **Glas 1** mit einem weissen Papier umhüllen, **Glas 2** mit einem schwarzen Papier.
3. Starttemperatur in beiden Gläsern messen und aufschreiben.
4. Glas 1 mit einem weissen Papier bedecken, Glas 2 mit einem schwarzen.
5. Deckpapiere mit einem Gummiband fixieren.

Gläser, auf eine isolierende Unterlage, in die Sonne stellen.

1. Jede Gruppe misst einmal die Temperaturen der beiden Gläser und trägt sie in die Tabelle ein (alle 10 Min. wird gemessen).

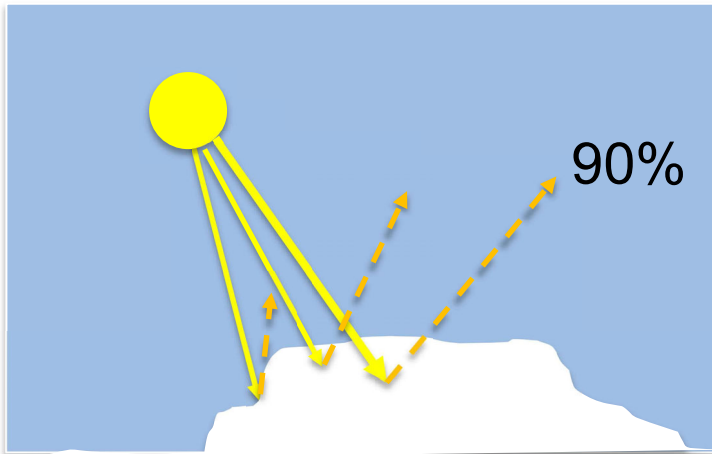
Achtung: **Thermometer nicht in die Sonne legen**. Weisses Deckpapier zum Temperatur messen nicht entfernen, nur etwas wegschieben.

2. Alle Gruppen interpretieren den Temperaturverlauf der Wassertemperatur in den beiden Gläsern.
3. Wo kommt dieser Effekt in der Natur vor?



E₅ Albedo Effekt

Der **Albedo Effekt** bezeichnet das Rückstrahlvermögen einer (nicht spiegelnden) Oberfläche, z.B. Schnee und Eis.



Schneeflächen reflektieren die Sonnenstrahlen (Sonnenenergie) zurück in die Atmosphäre.

Im Experiment wird die weisse Eisfläche durch die weisse Kartonfläche ersetzt. Sie reflektiert das Sonnenlicht. Schneeflächen reflektieren ca. 90% der Sonnenenergie. Sie sind kalte Flächen, die unser Klima kühlen.



Die dunkle Wasseroberfläche absorbiert die Sonnenstrahlen (Sonnenenergie) und wärmt das Wasser.

Im Experiment wird die dunkle Wasseroberfläche durch den schwarzen Karton simuliert. So kann ein grosser Teil der Sonnenenergie ins Wasser eindringen. Der Ozean wirkt von oben wie eine schwarze Fläche, nimmt also die meiste Sonnenenergie auf und erwärmt sich so.

Die Eismassen des Nordpols (schwimmend im Ozean) bilden eine grosse, weisse Fläche, die einen grossen Teil der einfallenden Sonnenstrahlen zurück wirft. Je mehr von diesem Eis verschwindet, desto mehr Sonnenstrahlen nimmt der dunkle Ozean auf. Das führt wiederum zu einer Erwärmung des Wassers.

Und:

Warmes Wasser dehnt sich aus, d. h. der Meeresspiegel steigt.





Wasser



Ozeane (= Weltmeere) bedecken 2/3 der Erdoberfläche. Sie versorgen uns mit Sauerstoff, Wasser und Nahrung, Sie sind für die Regulierung der Wärme sehr wichtig.

Die Ozeane nehmen riesige Mengen an Kohlenstoff auf. 25% der bis jetzt von Menschen verursachten CO₂-Emissionen (= CO₂-Ausstoss) werden so aus der Atmosphäre entfernt und langfristig in den Meeren gebunden. Man bezeichnet das als Kohlenstoffsенke:

- Ein Teil des CO₂ löst sich im Meerwasser. Durch Meeresströmungen gelangt es bis auf den Grund, wo es für lange Zeit gespeichert werden kann.
- Durch das gelöste CO₂, es entsteht Kohlensäure (H₂CO₃), wird das Wasser leicht saurer. Das bedeutet der pH-Wert sinkt.
- Einen Teil des Kohlendioxids (CO₂) benützen Algen und Seegras für die Fotosynthese und für ihr Wachstum. Sie sinken nach dem Absterben auf den Meeresgrund und speichern somit das CO₂ dauerhaft im Meer.

Auswirkungen der Erhöhung der Wassertemperatur:

- Wasser dehnt sich mit zunehmender Temperatur aus. Das bedeutet der Wasserspiegel steigt an (bei steigenden Wassertemperaturen).
- Die Aufnahmefähigkeit des Wassers für Kohlenstoffdioxid nimmt mit zunehmender Temperatur der Ozeane ab. Somit verbleibt bei steigenden Wassertemperaturen mehr CO₂ in der Luft und die globale Erwärmung intensiviert sich.

Was geschieht heute:

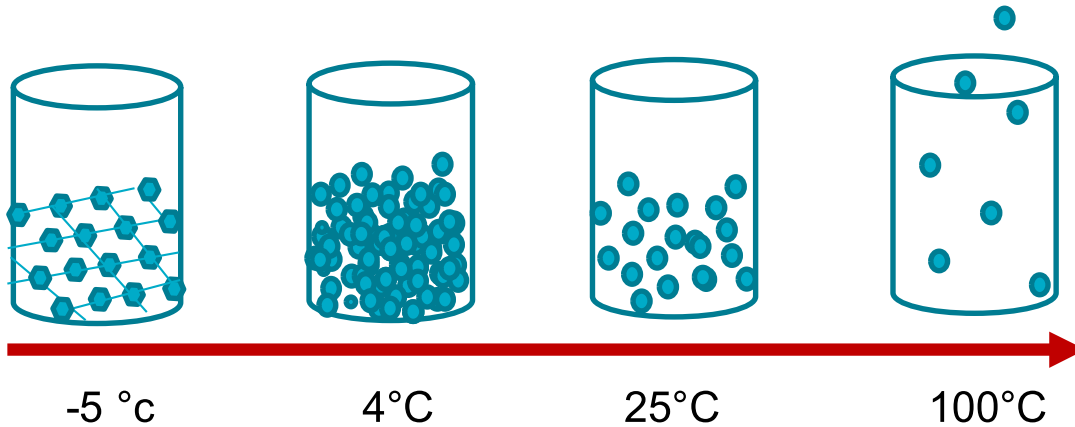
- Je mehr CO₂ im Wasser gelöst ist, desto saurer werden die Ozeane.
- Reduktion der Biodiversität in den Ozeanen:
 - Tiere mit Kalkschalen (z. B. Muscheln) werden in ihrer Entwicklung gehemmt.
 - Kalkbildendes Phytoplankton (Pflanzen) verliert an Gewicht.
 - Der Sauerstoffgehalt im Wasser nimmt mit steigenden Temperaturen ab; dies kann auch zu Problemen für die Fische führen.



Wassereigenschaften

Wasser hat je nach Temperatur einen unterschiedlichen Platzbedarf. Die Anzahl Teilchen pro Volumeneinheit nennt man Dichte.

Teilchendichte von Wasser in Abhängigkeit von der Temperatur



- Wenn **Wasser erwärmt** wird, dehnt es sich aus. Das bedeutet, es nimmt **mehr Platz** respektiv Volumen ein (= kleinere Dichte).
Beispiel: Fülle eine PET-Flasche mit Wasser und stelle sie 1h in die pralle Sonne. Die Flasche wird sich härter und praller anfühlen.
- Je wärmer das Wasser ist, desto mehr Platz braucht es; die Dichte nimmt ab mit der Temperatur. Das bedeutet mit zunehmender Wassertemperatur steigen die Meeresspiegel an.
- **Kaltes Wasser** kann **mehr Sauerstoff** binden als warmes Wasser. Steigt die Temperatur im Wasser, sinkt der Sauerstoffgehalt darin. Wassertiere und Pflanzen können sich nicht so schnell anpassen und leiden massiv darunter. So kann es in heißen Sommern zum Fischsterben in Fließgewässern kommen, wenn die Fische nicht in kältere Gewässer ausweichen können.
- Die obersten Wasserschichten enthalten im Allgemeinen mehr Sauerstoff als tiefere.



Probleme der Ozeane

Versauerung

- CO_2 wird im Ozean fast vollständig aufgelöst. Es reagiert mit Wasser und bildet Kohlensäure. Dies führt zu einer Abnahme des pH-Werts des Meerwassers. Die Versauerung des Wassers greift die Kalkschalen kalkbildender Meerestiere an. Eine mögliche Folge: Ihre Schalen werden dünner oder könnten sich auflösen.
- Auch kalkbildendes Phytoplankton (Pflanzen) leidet. Es verliert an Gewicht und kann nach dem Verblühen nicht mehr auf den Meeresgrund absinken. Durch das Absinken wird Kohlenstoff für Jahrtausende auf dem Meeresgrund gebunden (große CO_2 -Senke).
- Die Versauerung hemmt die Kalkbildung der Korallen. Korallen sind wertvolle Ökosysteme und schützen die Küstengebiete.

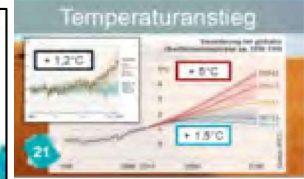
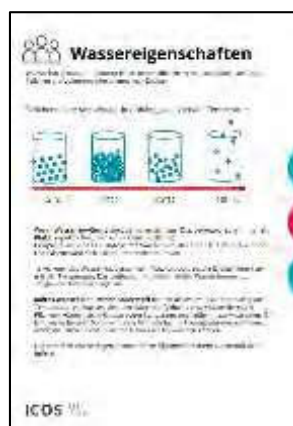
Erhöhen der Wassertemperatur

- Für Fische ist die Erhöhung der Temperatur ein Problem, da sie zur Atmung den Sauerstoff im Wasser brauchen. Je wärmer das Wasser ist, desto weniger Sauerstoff kann sich im Wasser lösen. Das bedeutet, die Fische müssen schneller atmen und das braucht mehr Energie.
- Korallen verlieren ihre Farbe wegen der steigenden Temperaturen. Im Gewebe der Korallen leben Algen, welche die Korallen durch Photosynthese ernähren und ihnen ihre speziellen Farben verleihen. Wenn die Korallen unter Stress stehen, ausgelöst durch Verschmutzung oder Hitze, stoßen die Korallen die Algen ab. Als Resultat bleibt nur noch das weiße Skelett zurück.





Exp. E6

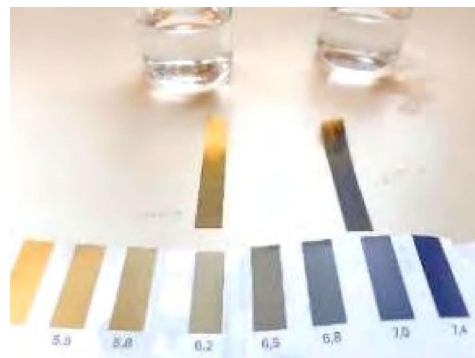


Bilder: 17, 20, 21, 23, 24, 27

Mineralwasserflasche kalt und verschlossen bereitstellen. Teststreifen in trockener Umgebung, Lappen, 4-6 Gläser (2 pro Gruppe), SuS waschen Gefäße nach Experiment. SuS Frage 1-4 beantworten.



Damit das Wasser sprudelt wird Kohlenstoffdioxid (CO_2) mit Wasser verbunden. Das geschieht indem man CO_2 mit Druck in Flaschen presst. Kohlensäure ist in Wasser gelöstes CO_2 . pH-Wert des Wassers verändert sich bei der Aufnahme von CO_2 im Wasser. Je mehr CO_2 aufgenommen wird, desto tiefer ist der pH-Wert, d. h. desto saurer ist das Wasser.



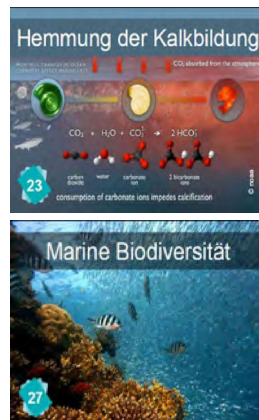


Exp. E7



Bilder: 17, 20, 21, 23, 24, 27

Mineralwasserflasche (mit viel Kohlensäure) kalt und verschlossen bereitstellen, Teststreifen in trockener Umgebung, Lappen, 4-6 Gläser (2 pro Gruppe) SuS waschen Gefäße nach Experiment. SuS Fragen beantworten.



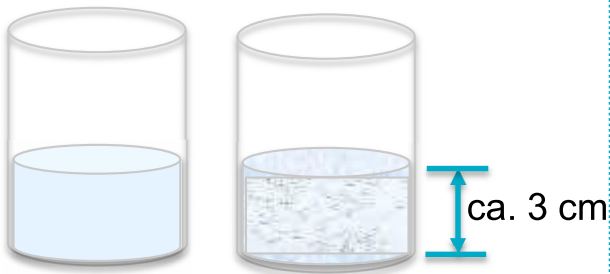
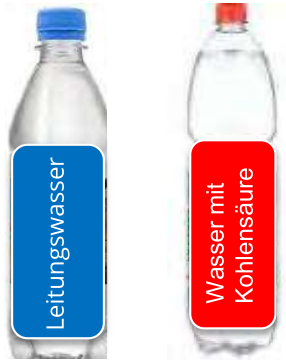
Material:

- Strassenkreide verwenden
- Messer
- Papier
- Mineralwasser kalt
- 2 Gläser pro Experimentierplatz (2er-Gruppe)





E₆ CO₂ und pH-Wert



Du brauchst:

- 2 Gläser
- kohlenstoffhaltiges Wasser (verschlossen und kalt gestellt) z. B. Mineralwasser
- Lackmus-Teststreifen
- kaltes Leitungswasser

Teststreifen immer an einem trockenen Ort platzieren.

Miss den pH-Wert wie folgt:

1. Nimm einen Teststreifen und halte ihn 2s ins Wasser.
2. Dann vergleiche ihn mit der Farbskala und lies den pH-Wert ab.

1. Fülle ein Glas, wie im Bild, mit Hahnenwasser und miss den pH-Wert. Notiere den pH-Wert.
2. Fülle ein 2. Glas mit kaltem, kohlenstoffhaltigem Wasser und verschliesse die Flasche sofort wieder. Miss den pH-Wert des kohlenstoffhaltigen Wassers und notiere den pH-Wert.

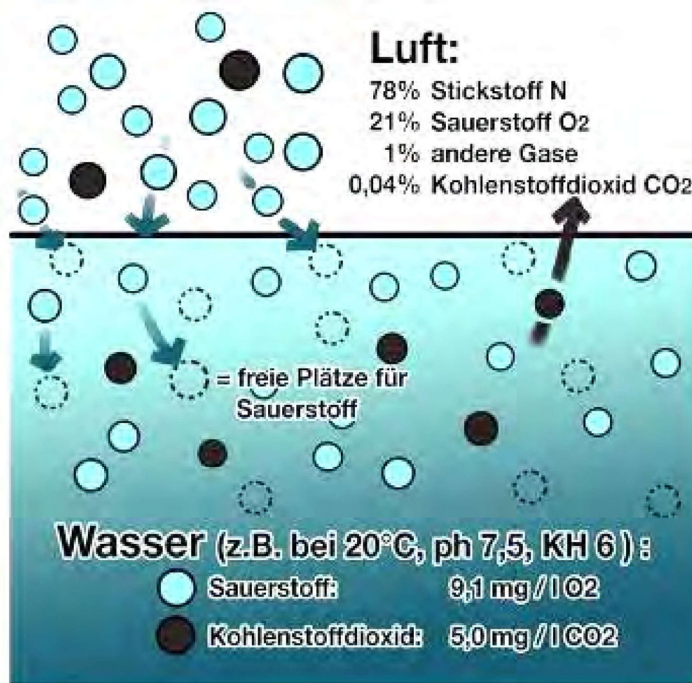
Mineralwasserflasche immer an einem kühlen Ort lagern.

3. Interpretiere deine Resultate.

Nach dem Experiment bitte beide Gläser kalt ausspülen.



Gase in Wasser lösen



Gase wie Sauerstoff oder CO₂ können sich im Wasser lösen.

- Je kälter das Wasser ist, desto mehr CO₂ kann sich darin lösen.
- Je kälter das Wasser ist, desto mehr Sauerstoff kann sich darin lösen.
- Je höher die Temperatur des Wassers ist, desto schneller bewegen sich die Wasserteilchen. Dadurch nimmt der "Platz" für die Gase, wie CO₂ oder Sauerstoff, ab. Bei warmem Wasser steigen also die Gase nach oben und begeben sich in die Luft.

Beispiel:

In Seen und Bächen nehmen die Fische den gelösten Sauerstoff aus dem Wasser über ihre Kiemen auf. Je wärmer das Wasser ist, desto weniger Sauerstoff enthält es. Die Kiemendeckelbewegungen pro Minute werden mit steigender Wassertemperatur erhöht, um genügend Sauerstoff zu erhalten. Wenn nicht genügend Sauerstoff im Wasser gelöst ist, bei Wassertemperatur über 25°C, kann es in kleinen Gewässern zum Fischsterben im Sommer kommen.

- Der pH-Wert des Wassers verändert sich bei der Aufnahme von CO₂ im Wasser.
Je mehr CO₂ aufgenommen wird, desto tiefer ist der pH-Wert, d. h. desto saurer ist das Wasser.



E_{6/7} CO₂ und Wasser

CO₂ kann sich im Wasser lösen.

- Damit das Wasser sprudelt, wird Kohlenstoffdioxid (CO₂) mit Wasser verbunden.
- Beim Experiment hast du ein Glas mit kohlensäurehaltigem Wasser und ein Glas mit Leitungswasser. Die pH-Messung zeigt, dass das kohlensäurehaltige Wasser einen niedrigeren Wert aufweist, also leicht sauer ist. pH-Werte unter 7 bezeichnet man als sauer, oberhalb 7 als basisch.
- Das Leitungswasser hat einen pH-Wert von 6.8-7 je nach Region, wird also als neutral bezeichnet. Das kohlensäurehaltige Wasser hat einen pH-Wert von ungefähr 5.6 je nach Hersteller und ist somit leicht sauer.
- Betrachtet man dieses Phänomen in der Natur, bedeutet es, dass je mehr CO₂ im Wasser (z. B. in den Ozeanen) aufgenommen wird, desto tiefer ist der pH-Wert, d.h. desto saurer ist das Wasser.
- Je kälter das Wasser ist, desto mehr CO₂ kann sich darin lösen.
- Durch die Zunahme des CO₂ - Gehaltes in der Atmosphäre wird auch mehr CO₂ im Wasser der Ozeane gelöst. Das bedeutet, es kommt zu einer Versauerung der Meere. Das wiederum hat Konsequenzen für die Meereslebewesen.

Exp. Kohlensäure und Kreide

- Im Experiment wird im Mineralwasser die Kreide (enthält Kalk) im Wasser aufgelöst, es sprudelt. Die Flüssigkeit wird trüb. Anschließend sinkt ein Teil der Kreide (des Kalkes), der nicht gelöst wurde, auch zu Boden und das Wasser wird wieder klar.
- Im Leitungswasser sinkt der Kalk zu Boden ohne sich aufzulösen.

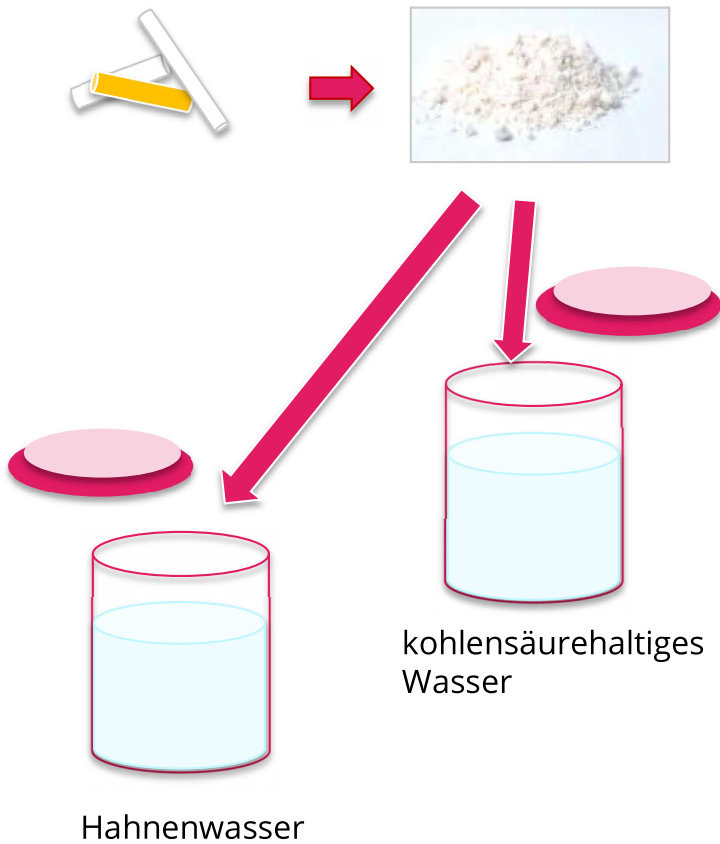
Auswirkungen des tieferen pH-Wertes im Wasser in der Natur:

- Wasserlebewesen, die kalkhaltige Schalen haben wie Muscheln, Krebse oder Korallen usw. verlieren Ihre Festigkeit.
- Mikroorganismen wie gewisse Arten von Plankton, die eine Kalkschale haben, werden geschädigt. Plankton ist die Grundlage der ganzen Nahrungskette.
- Kalkalgen haben einen enormen Einfluss auf die CO₂-Speicherung, da sie mit ihrer Fotosynthese viel CO₂ binden.





E₇ Kohlensäure und Kreide



Du brauchst:

- 2 Gläser mit Deckel
- stark kohlensäurehaltiges Wasser
- Leitungswasser
- Strassenkreide
- Teelöffel (TL)
- Papier

Rasple mit dem Löffel, ca. einen halben TL voll, Kreide auf ein Stück Papier.

Fülle ein Glas mit Leitungswasser und eines mit kaltem, kohlensäurehaltigem Wasser.

1. Gib in beide Gläser je einen 1/4 TL geraspelte Kreide hinein und verschließe sie mit dem Deckel.
2. Welche Unterschiede stellst du fest? Notiere deine Beobachtungen.

Nach dem Experiment beide Gläser kalt ausspülen.



Mazuku – „Böser Wind“

Zu den schönsten Kraterseen in der Vulkanregion im Westen Kameruns gehört der Nyos-See (Foto), von den Einheimischen früher „guter See“ bezeichnet.



In der Nacht des 21. August 1986 geschah jedoch etwas Entsetzliches, das ein Anwohner später so beschrieb: „Ich hörte ein Brummen und Krachen, als würde ein Flugzeug abstürzen. Im Halbschlaf hörte ich meine Tochter auf eine schreckliche Weise schnarchen, sehr merkwürdig. Als ich zu ihr hinging, brach ich zusammen und fiel hin. Ich schlief bis zum nächsten Tag um halb fünf. Als ich erwachte, stellte ich fest, dass meine Tochter tot war.“

Als Joseph Nkwain sich in dem Dorf umsah, fand er überall nur Leichen und es herrschte eine unheimliche Stille. Kein Vogel sang, keine Heuschrecke zirpte, nicht einmal Fliegen summten. Überall schaukeln die Blüten verloren im Wind, kein Schmetterling, keine Biene lässt sich auf ihnen nieder. Nkwain fuhr mit seinem Motorrad in eine benachbarte Stadt. Er erreicht den Ort, in dem ein ganz normales geschäftiges Treiben herrschte und in dem man von irgendeiner Katastrophe im nahegelegenen Subum noch überhaupt keine Kenntnis hatte. Er fuhr zum Krankenhaus und erzählte, was vorgefallen war. Bald summt die ganze Stadt von Gerüchten.

Einige Polizisten und ein Priester machen sich auf den Weg zu dem kleinen Ort am See, sie fahren auf dem Weg, den kurz zuvor Nkwain befahren hatte. Doch nicht weit vom See entfernt kommt den Beamten in den Sinn, dass das, was die Menschen und das Vieh getötet hatte, möglicherweise immer noch in der Gegend sei. Sie hielten an und beschlossen, nicht weiterzufahren. Nur der Priester bestand darauf, man müsse an den See, es gehe um Menschenleben. Er setzte den Weg alleine fort.

In allen Dörfern am Seeufer herrschte eine bedrückende Stille. Die meisten Häuser waren verschlossen, als sei immer noch Nacht, in ihnen reglose Stille. Vor einigen Häusern finden sich – zusammengekauert – tote Familien. Später wird der Priester, der holländische Missionar Pater Horn, sagen, es habe ausgesehen, als sei eine Neutronenbombe eingeschlagen: „Wenig Schaden beim Eigentum, aber fast totale Vernichtung des Lebens.“ Diese Bemerkung wird bald von Mund zu Mund gehen.

Untersuchungen europäischer Geologen kommen zu einem anderen Ergebnis: Danach war es eine gewaltige Kohlendioxidblase, die aus einer unterirdischen Magmakammer aufgestiegen ist. Diese Blase hat sich unter dem Seegrund angesammelt, bis sie schließlich, vielleicht ausgelöst durch einen Erdbeben, aufstieg. Sie trat über die Ufer und vernichtete Menschen, Vieh, Vögel und sogar die Insekten. Die Katastrophe forderte mindestens 1765 Menschenleben, tötete 3000 Rinder und unzählige Ziegen, Schafe und Hühner.



Boden und Vegetation



30% der Erdoberfläche ist Festland. Die Sonnenstrahlen treffen auf Wälder, Grasland, Landwirtschaftsflächen, Felsen, Sand oder städtische Gebiete mit Asphalt und Beton. Je nach Beschaffenheit der Oberfläche wird mehr oder weniger Sonnenenergie aufgenommen.

Eine besonders wichtige Funktion haben grüne Pflanzen. Sie wandeln bei der Fotosynthese CO_2 in Sauerstoff und Biomasse um. Dadurch wird CO_2 der Atmosphäre entzogen und der Kohlenstoff (C) in den Pflanzen gespeichert. Diesen Kohlenstoffspeicher nennt man auch eine natürliche CO_2 -Senke.

Nur etwa 25% der menschenverursachten Treibhausgase werden von Pflanzen durch Fotosynthese abgebaut.

- Der Boden ist ein Lebensraum, ein Wasserspeicher und die zentrale Grundlage für unsere Nahrungsproduktion.
- Der Boden ist der wichtigste Kohlenstoffspeicher. Mehr als 70% des Kohlenstoffs befindet sich im Boden (doppelt so viel wie in der Atmosphäre).
- Sofern die Oberfläche nicht bedeckt ist (Fels, Wüste, Eis, Asphalt und Beton), wird sie durch Böden geprägt. Meist sehen wir die Böden nicht, sie sind versteckt unter Wäldern und Wiesen.
- Natürliche Böden bilden sich über sehr lange Zeiträume.
- Die Böden werden durch das Gestein, das Klima, die Oberflächenform und die Lebewesen geprägt. Aber auch der Mensch kann den Boden durch chemische Einwirkung (Düngung, Pestizide usw.) und durch die Bearbeitung stark beeinflussen.
- Die Wasserspeicherung des Bodens und der Pflanzen beeinflusst die Lufttemperatur: Grünflächen und Wälder kühlen die Luft über die Verdunstung ab.
- Städte mit ihren vielen überbauten Flächen erwärmen sich stärker als grüne Landschaften oder Wälder. Deshalb spricht man von Wärmeinseln (Hotspots).

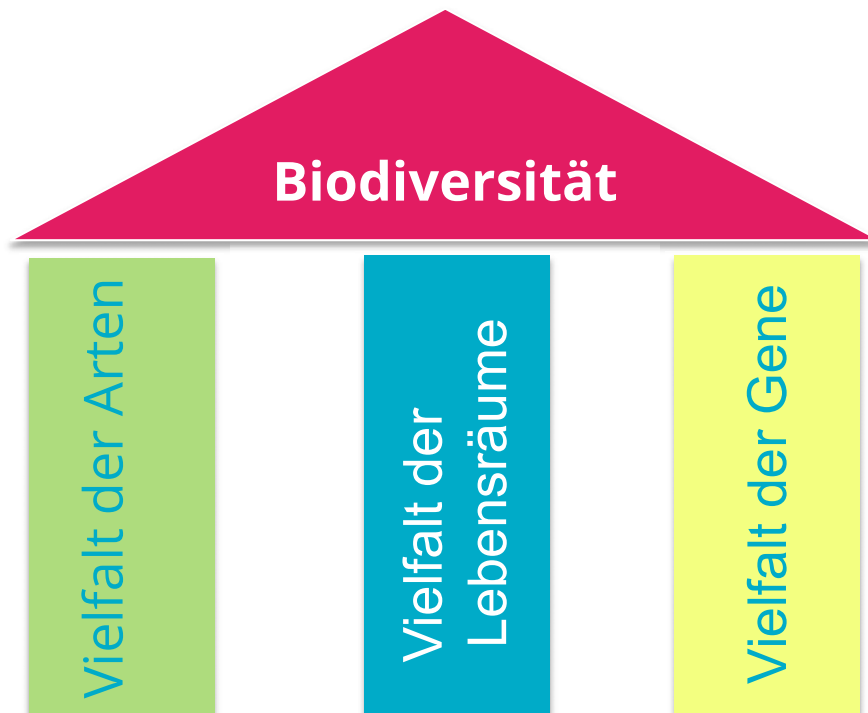
Was geschieht heute:

- Durch die Klimaerwärmung werden Lebensräume von Pflanzen und Tieren verändert. Viele Lebewesen können sich in so kurzer Zeit nicht anpassen und verschwinden. Die Biodiversität nimmt ab.
- Durch die Temperaturerhöhung verändern sich ganze Ökosysteme.
- Wetterextreme führen zu Ernterückgang und Verlusten von Siedlungsraum.
- Intensive Landwirtschaft erzeugt zusätzliche Treibhausgase (Methan, Lachgas).



Vokabular Boden und Vegetation

- **Biodiversität** besteht aus drei Bereichen:
 1. die Vielfalt der Pflanzen- und Tierarten,
 2. die genetische Vielfalt z. B. jeder Mensch sieht anders aus,
 3. die Vielfalt der Lebensräume (Ökosysteme), z. B. Gewässer, Wiesen, Wälder usw.

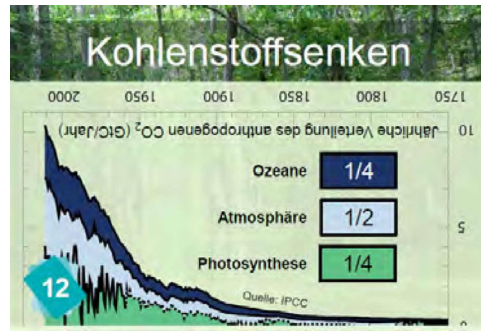


- **Biomasse:** Stoffe, die hauptsächlich aus Pflanzen erzeugt werden. Z. B. Mais- und Getreidepflanzen, Stroh, Zuckerrüben, Schilfgras und andere Gräser, aber auch Reststoffe wie Gülle, Bioabfall.
- Ein **Ökosystem** ist eine Lebensgemeinschaft von Lebewesen in einem bestimmten Lebensraum z. B. Teich
- **Intensive Landwirtschaft:**
Mit größeren Maschinen Boden effizienter **bewirtschaften**. Vermehrter Einsatz von Pestiziden (Unkrautvernichter, Insekten und Pilze abtöten) und Düngemitteln. Pro Fläche werden mehr Tiere gehalten sowohl auf der Weide wie auch im Stall (Massentierhaltung).
- **Siedlungsraum:** Bebaute Flächen, wo Menschen wohnen.



CO₂-Senken

Als Kohlenstoffsenke wird ein natürlicher Ort bezeichnet, der vorübergehend mehr Kohlenstoff aufnimmt und speichert, als er abgibt.



AB1: CO₂ Senken

CO₂ Senken sind Systeme, die Kohlenstoff (C) aufnehmen und in der Atmosphäre CO₂ binden.

Wie wird das CO₂ entfernt?
Nur ein kleiner Teil des Kohlenstoffs wird dauerhaft gespeichert.

CO₂ Senken

ICOS

Lösg. AB1: CO₂ Senken

CO₂ Senken sind Systeme, die Kohlenstoff (C) aufnehmen und in der Atmosphäre CO₂ binden.

Wie wird das CO₂ entfernt?
Nur ein kleiner Teil des Kohlenstoffs wird dauerhaft gespeichert.

CO₂ Senken

ICOS






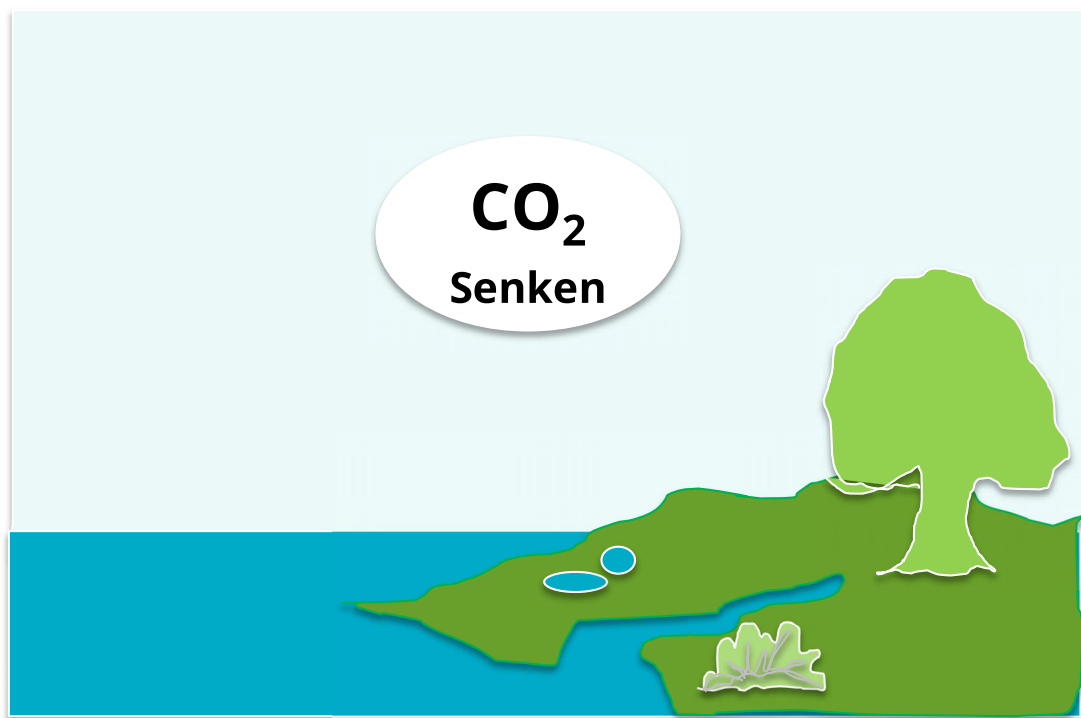
AB1: CO₂ Senken

CO₂-Senken speichern Kohlenstoff. Sie entziehen so der Atmosphäre CO₂.

Wo sind die CO₂-Senken?

Wähle auf dem Bild die entsprechenden Orte aus.

Benenne sie und verbinde sie mit → 





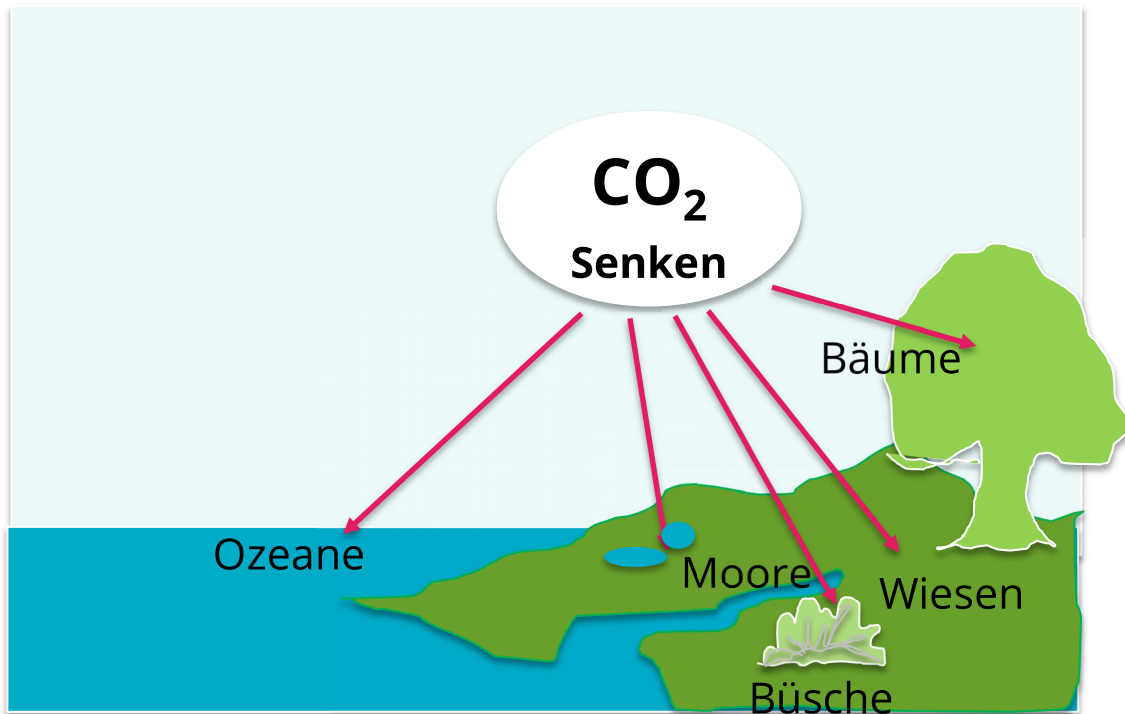
Lösg. AB1: CO₂ Senken

CO₂-Senken speichern Kohlenstoff. Sie entziehen so der Atmosphäre CO₂.

Wo sind die CO₂-Senken?

Wähle auf dem Bild die entsprechenden Orte aus.

Benenne sie und verbinde sie mit → 





E8 Trockenheit

Trockene und saftig grüne Nadeln von Nadelbäumen/Sträuchern sammeln.

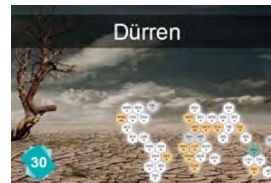


In den Sommermonaten (Mai-Sept. bei voller Sonneneinstrahlung) können die Nadeln mit der Lupe entzündet werden.

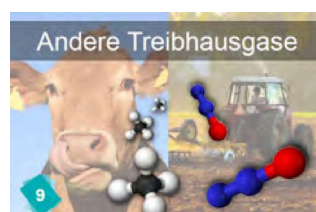
Material pro Arbeitsplatz:

- Lupe oder Streichhölzer
- Gefäße mit trockenen und grünen Nadeln.
- feuerfeste Unterlagen

Bilder:
6, 8, 9, 12, 25



Im Schulzimmer immer mit feuerfesten Unterlagen arbeiten





E₈ Trockenheit



Du brauchst:

- trockene und grüne Nadeln eines Nadelbaumes
- Lupe (Mai-September) oder Streichholz
- feuerfeste Unterlage
- Sonne
- Glas Wasser

Achtung: Experiment auf dem Pausenplatz (Asphalt) an einem windgeschützten Ort oder in Laborumgebung durchführen.

1. Was enthalten die Nadeln eines Nadelbaums? Untersuche die Nadeln mit deinen Sinnen.
2. Lege **3** trockene Nadeln auf die feuerfeste Unterlage und zünde sie mit einer Lupe oder mit einem Streichholz an.
3. Führe das gleiche Experiment mit **3** frischen, grünen Nadeln durch.
4. Beschreibe den Unterschied der beiden Experimente.
5. Welche Naturkatastrophen erklärt dieses Experiment ? Warum?

Nach dem Experiment gebrauchte Nadeln wegwerfen.



E₈ Trockenheit

- Die Nadeln von Nadelbäumen fühlen sich hart und trocken an. Sie sind von einer Wachsschicht überzogen. Ihre Nadeln enthalten ätherische Öle, die sehr gut brennen. Wenn man die Nadeln zwischen den Fingern zerreibt, riecht man das ätherische Öl.
- Getrocknete Nadeln kann man mit einer Lupe und der Sonne anzünden. Frische grüne Nadeln lassen das nicht so einfach zu, sie haben noch Feuchtigkeit im Innern.
- Wenn es heiß und trocken ist, werfen Bäume einen Teil ihrer Nadeln ab. Sie schaffen es nicht, alle zu versorgen.
- Trockene, harzige Baumnadeln sind besonders gutes Brennmaterial. In Dürreperioden kann es durch die ausgetrockneten Nadeln und Äste zu großflächigen Waldbränden kommen.



Nach einem sehr trockenen Sommer (Kanada) werden dürre Nadelbäume im Winter absichtlich angezündet, weil sich durch die Schneedecke das Feuer nicht ausbreiten kann.





Und jetzt?

Ursachen der Klima Erwärmung

Auswirkungen erkennen

Climate Fresk Puzzle

Wer muss etwas tun?

Wo beginnen?

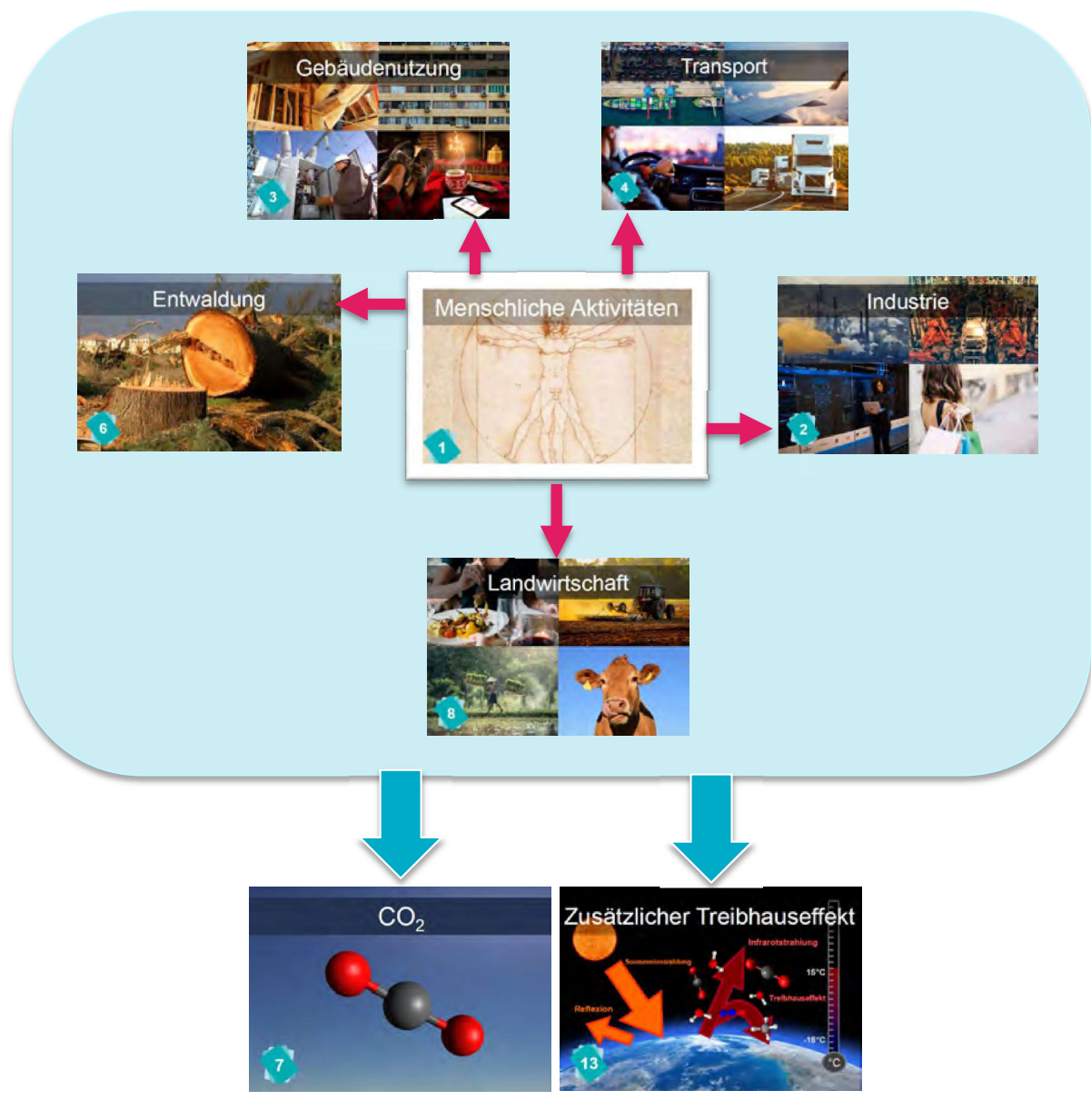
Projekte und Diskussionen

Fake and Facts



Ursachen des Klimawandel

Zum Beispiel:
Karten aus dem «Climate Fresk» benutzen und nach Ursachen suchen →gruppieren

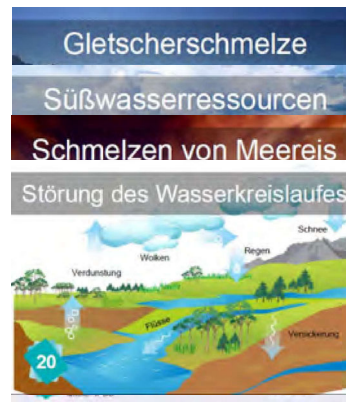




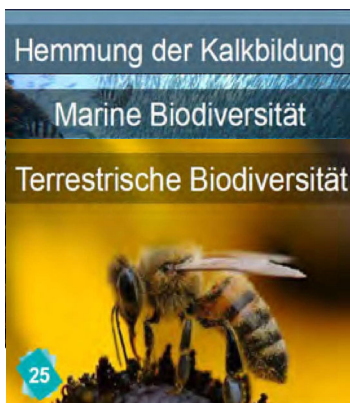
Auswirkungen

Klimaänderungen in den Karten suchen

Dazugehörige Karten:



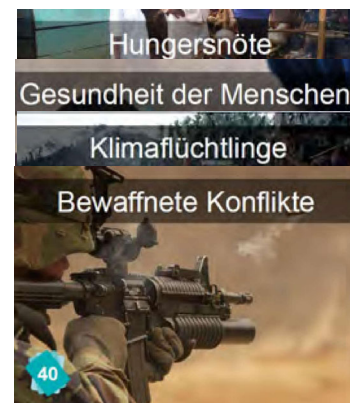
Konsequenzen



Pflanzen und Tiere



Umwelt



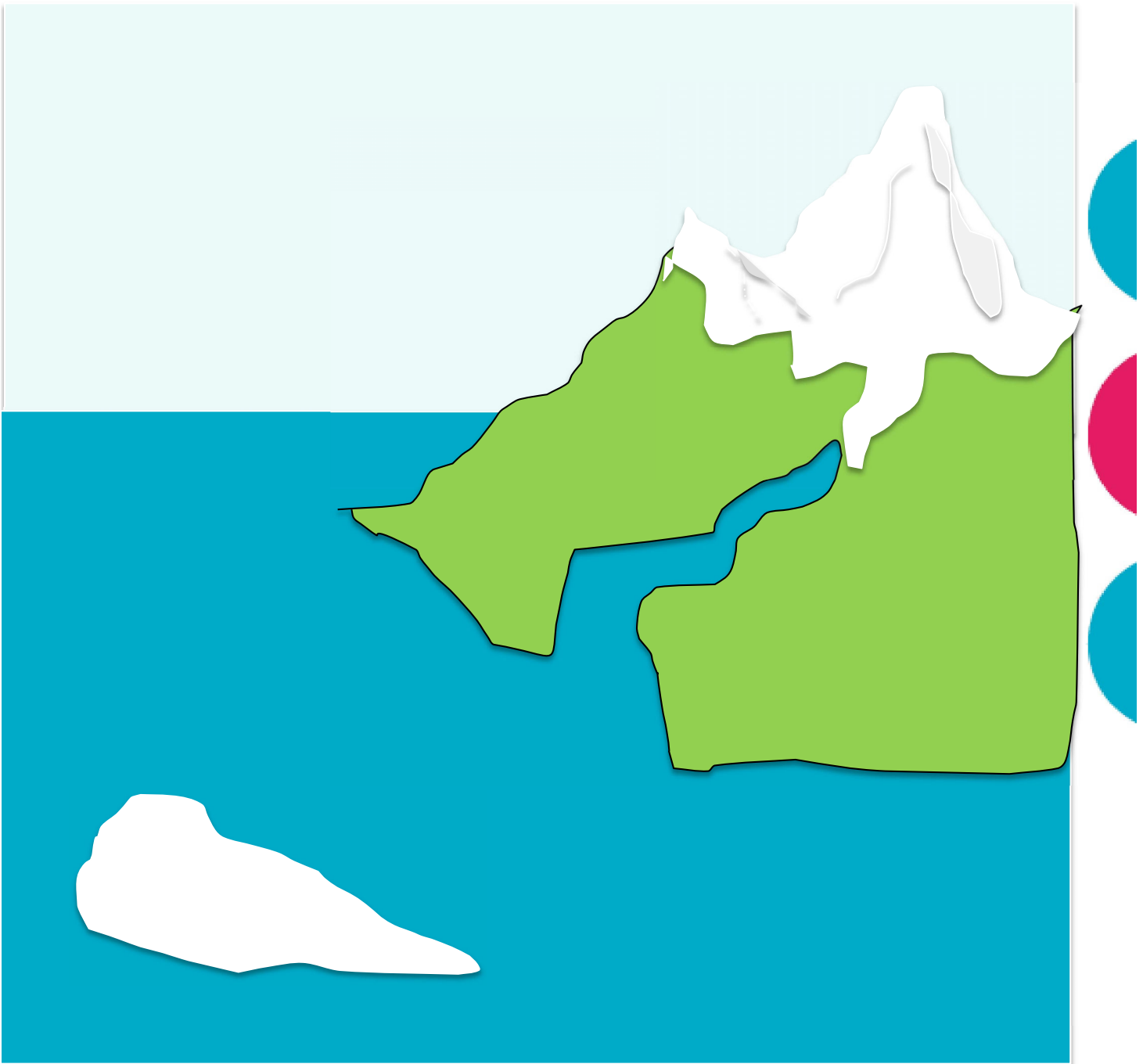
Menschen





AB2 : Anzeichen der Klimaerwärmung:

Beschrifte die Skizze mit Klimaveränderungen, die wir kennen.





AB2 Lösung: Anzeichen der Klimaerwärmung





Bereit für das Climate Fresk?

Vorbereitung

- Karten nach Sets sortieren (Setnummer steht auf der Rückseite). 2-3m Tisch mit Packpapier überziehen
- 5 Filzstifte für jede Gruppe bereitstellen
- Gruppen einteilen 4 - 7 SuS pro Gruppe
- Die 5 Kartensets am Tischende bereitstellen.

Puzzeln: 1.Phase

- Spielstart 1.
1.Set liegt ungeordnet auf dem Tisch. Die Gruppe soll die Karten in einer Folge von Ursachen und Wirkungen ordnen. Alle SpielerInnen diskutieren bei der Reihenfolge immer mit. Wenn alle Karten gelegt sind ev. über Reihenfolgen mit dem Spielleiter diskutieren.
- 2. Set. Kartenset 2 verteilen (alle Karten verteilen). Die gelegten Karten können jederzeit verschoben werden. Es gibt auch parallele Effekte, also 1 Ursache erzeugt 4 Folgen.
- 3.Set wie vorherige, aber jetzt können auch Verbindungen mit dem Filzstift eingezeichnet werden.
- 4./5. Set mit Verbindungen.
Die grossen Verbindungen werden am Schluss eingezeichnet.
- Am Ende hat man eine Collage, welche die Zusammenhänge des Klimawandels aufzeigt.



Kreativ bearbeiten: 2. Phase

- Die SuS geben ihrem Fresk einen Titel. Sie können das Fresk auch noch mit kleinen Zeichnungen verzieren (Gruppe personalisiert ihr Fresk). Animiert die zeichnerisch, kreativen SuS sich einzubringen. Diese Phase ermöglicht eine Verknüpfung mit anderen Gehirnteilen.
- Diskussion:
Was hat dich persönlich aktiviert? Welche 3 Karten sind für euch wichtig (umrahmen usw.)

Emotionen: 3. Phase:

Wie fühlst du dich? Emotionenbaum.
1 Figur, 1 Wort + 1 Satz auswählen

Was können wir tun?: 4. Phase

- 2 min. Brainstorming
Was können wir /ich tun?
Was als Schule? Auf Post-it oder an Tafel notieren → Fotos machen.
- 30 Tage Challenge für alle
- Nach 30 Tagen SuS befragen über Veränderungen. Sind wir bereit für mehr Aktionen?
- Blatt zeigen : «Warum wir nicht handeln»
Hindernisse erkennen.





Kurze Erklärungen zu Climate Fresk

Phase 1

Set 1

- Unterschied zwischen dem natürlichen und menschengemachten Treibhauseffekt
- Warum Schmelzen von Meereis nicht den Meeresspiegel ansteigen lässt

Set 2

- Verbindung zwischen Landwirtschaft und Entwaldung
- CO₂-Emissionen aufgrund von Entwaldung (Brandrodung)
- Kohlenstoffsenke (gehört zu der Karte "CO₂-Emissionen")
- Andere Treibhausgase

Set 3

- Störung des Wasserkreislaufs
- **Schlage vor, die Karten 16 - 21 in einer vertikalen Linie** hinter «Temperaturanstieg» anzuordnen.
- **Ende von Set 3:** Beginne Pfeile zwischen Karten einzuzeichnen

Set 4/5

- Arten von Überschwemmung (Meeresspiegelanstieg, Tsunamis, Zyklone...). Unterschied zu Hochwasser.
- Unterscheidung zwischen Hitzewellen und Dürre

Phase 2

- Titelbild, Titel, Frontseite 2-3 Karten hervorheben, Pfeile
- 2-3 SuS erzählen Geschichte des aufgelegten Puzzles

Phase 3

Gruppen besuchen und diskutieren
Gefühle ansprechen → Emotionenbaum

Phase 4

- Wo stehen wir heute was können wir tun?
- 6 Themen für Mitarbeit vorschlagen, Brainstorming zu Lösungen, Ideen, die sie hatten, aufgreifen und auf Post-it, an die Tafel kleben, ordnen, abstimmen.
- Wo können wir persönlich mithelfen?
- Was änderst Du/Wir? 30-Tage Challenge





Schul-Fresk

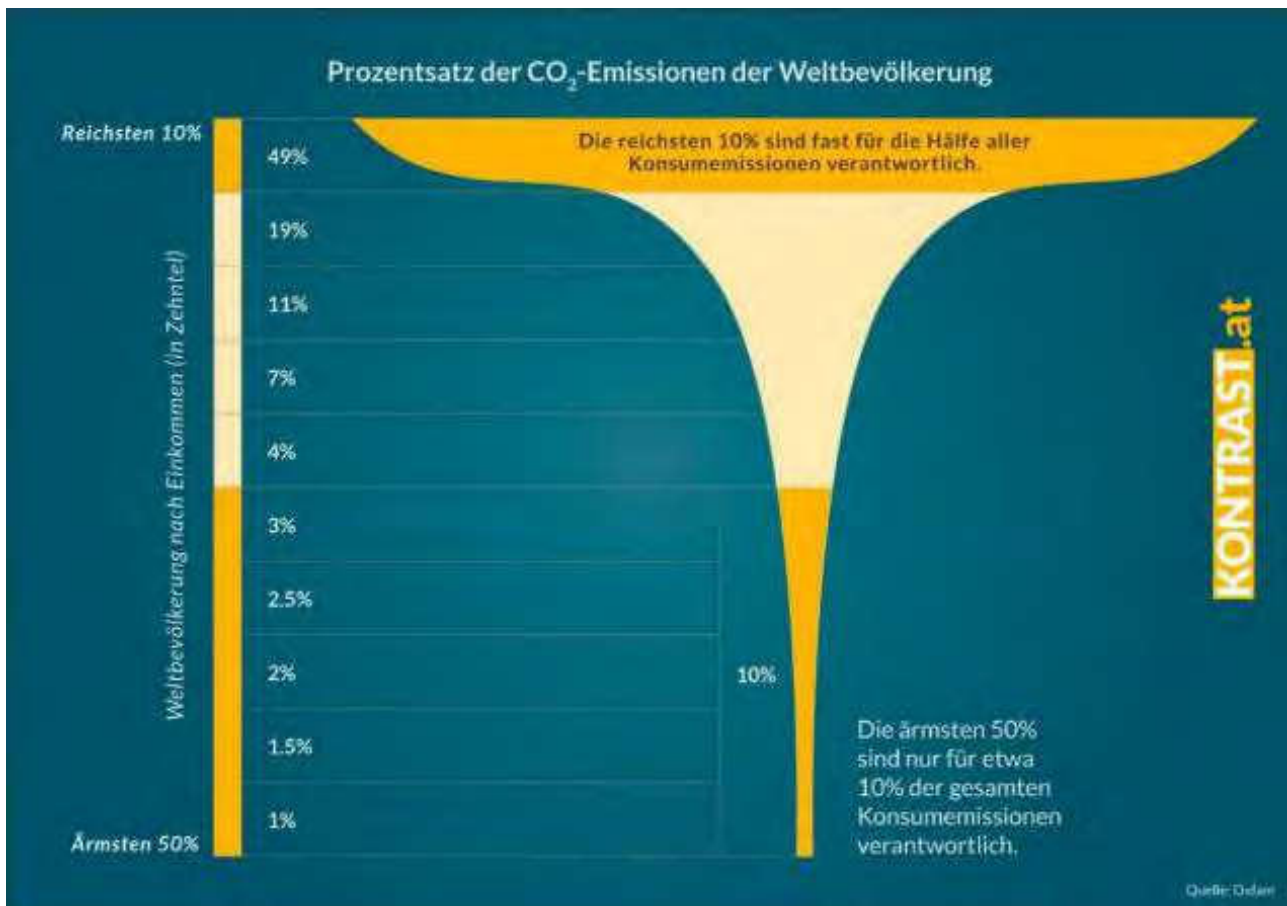




Klimakiller Nr.1

U ? K N ? S O ? M

Wer muss etwas tun?





Wo beginnen?

Wer muss etwas tun?

ICOS Cities

Wo entsteht CO₂ im täglichen Leben?

ICOS Cities

Klimaneutral? Fussabdruck?

- **WAS IST KLIMANEUTRALITÄT?** (Definition and importance)
- **WAS IST DER FUSSABDRUCK?** (Definition and calculation)
- **WAS KÖNNEN WIR TUN?** (Actionable steps for individuals and communities)

ICOS Cities

Was können wir tun?

- Nahrung**
- Konsum**
- Energie**
- Mobilität**
- Freizeit**
- Abfall**

ICOS Cities

Fleisch

Weniger Rindfleisch essen kann Regenwald retten

- **WAS IST RINDFLEISCH?** (Environmental impact)
- **WAS KÖNNEN WIR TUN?** (Dietary changes and alternatives)

ICOS Cities

Vorschlag: Gruppendiskussionen

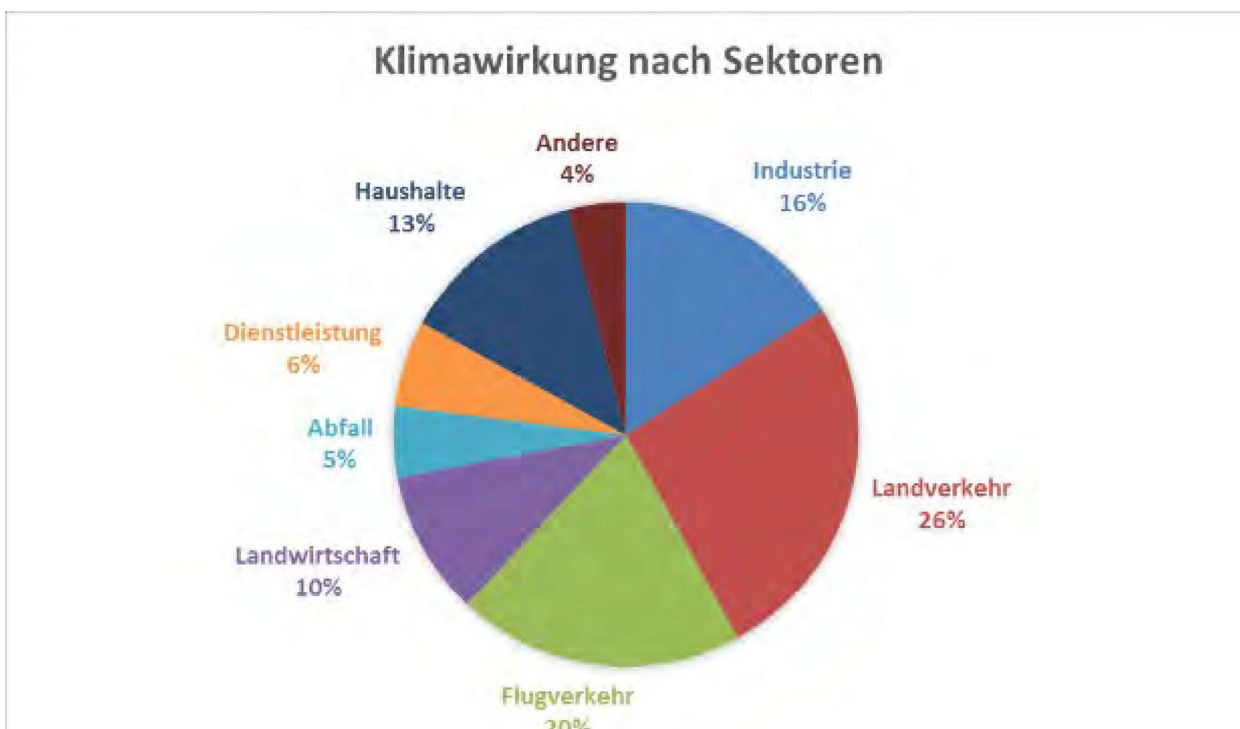
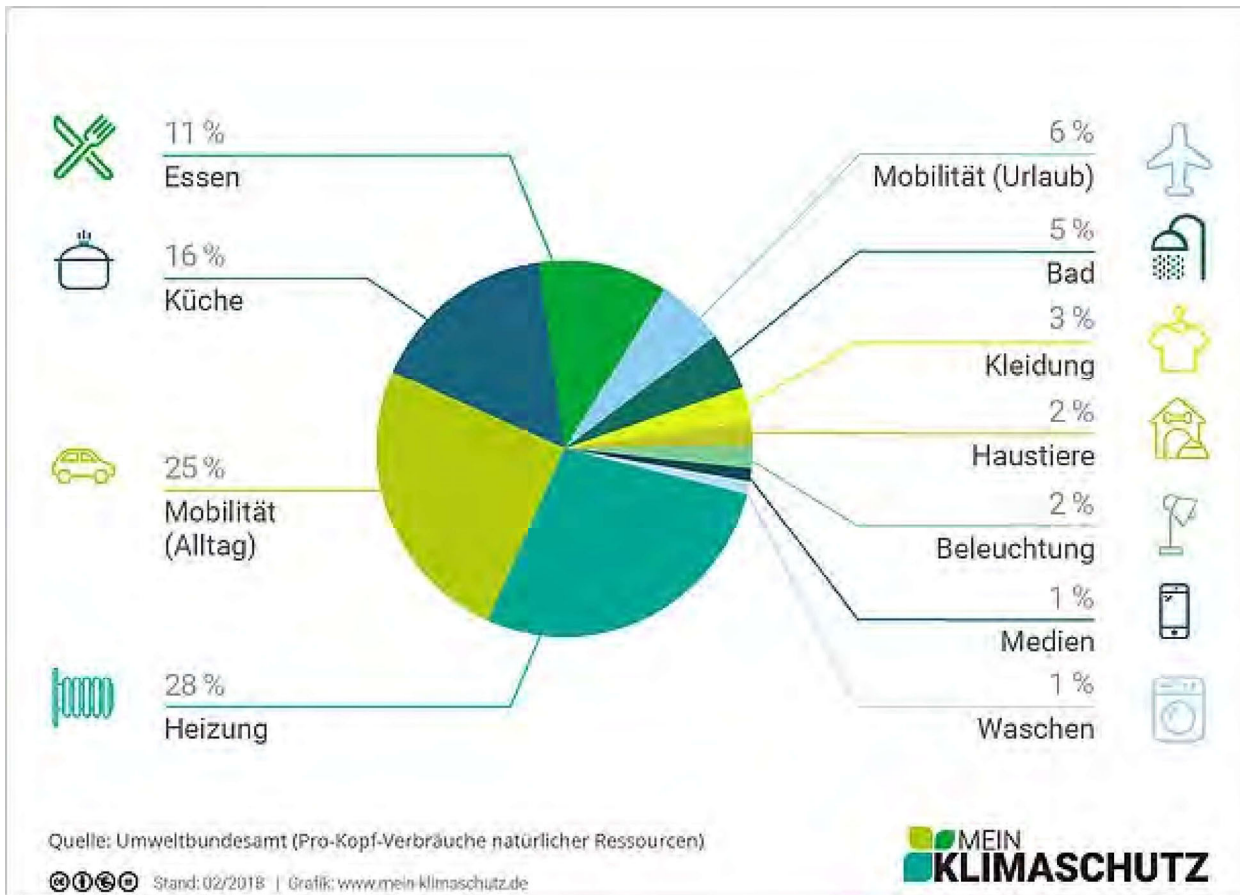
- **WAS IST KLIMANEUTRALITÄT?**
- **WAS IST DER FUSSABDRUCK?**
- **WAS KÖNNEN WIR TUN?**
- **WAS IST RINDFLEISCH?**

ICOS Cities





Wo kann CO₂ reduziert werden?





Fleisch



Unsere Nutztiere fressen den Regenwald auf.

- Der massive Fleischkonsum in Europa zerstört den Regenwald durch Futterproduktion.
- Damit die Tiere möglichst schnell wachsen, brauchen sie eiweißreiches Futter, z. B. Sojaschrot (z. B. aus Brasilien).
- Für die Soja-Produktion werden in Brasilien die Amazonas-Regenwälder gerodet oder abgebrannt.
- Die Soja-Monokulturen werden mit Pflanzengiften besprüht, die Böden und Gewässer schädigen. Kein Land versprüht mehr Gifte gegen Unkraut, Insekten oder Pilze als Brasilien.
- Wird der Regenwald gerodet oder abgebrannt, entweicht das CO₂, gleichzeitig gehen mit dem Wald wertvolle CO₂-Speicher verloren.
- Bei der Tierproduktion entsteht das Treibhausgas Methan, das Rinder ausstoßen.
- Das Treibhausgas N₂O (= Lachgas) entsteht beim Besprühen der Felder mit Kunstdünger. Der Stickstoffdünger wird nicht komplett von den Pflanzen aufgenommen. In Verbindung mit Sauerstoff entsteht so Lachgas, ein Gas das wesentlich klimaschädlicher ist als CO₂.
- Massentierhaltung produziert zu viel Gülle. Das zerstört die Biodiversität und erhöht das Treibhausgas Methan.
- Pro Jahr sterben 10,5 Millionen Tiere, weil ihr Fleisch verdorben oder sogar unverdorben im Hausmüll landet.
- Der Einsatz von Antibiotika in der Massentierhaltung erzeugt resistente Bakterien.

Das können wir tun:

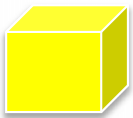
- Nur 1-2x pro Woche Fleisch essen.
- Brotaufstriche aus Gemüse statt Salami oder Schinken.
- Fleisch aus regionaler, artgerechter Produktion.
- Regional und saisonal essen.
- Frische und unverarbeitete Lebensmittel bevorzugen.
- Lagerung und Transportwege mitberücksichtigen.
- Kaufe nur die Menge Nahrungsmittel ein, die du auch in nützlicher Frist verzehren kannst → Food Waste.
- Wenig Verpackung bei Lebensmitteln. Nimm ein Gefäß mit.



Was können wir tun?



Nahrung



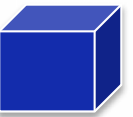
Konsum



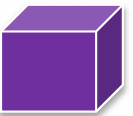
Energie



Mobilität



Freizeit

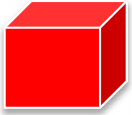


Abfall





Was können wir tun?



Nahrung

- Weniger Fleisch essen, saisonal, regional, kein Fastfood, kein Food Waste, frisch kochen und mitnehmen.
- keine Massentierhaltung
- Rund 55 kg Lebensmittel werden pro Kopf pro Jahr in Deutschland weggeschmissen. Die Hälfte davon sind frisches Obst/Gemüse sowie selbst gekochtes und zubereitetes.
- Trinkwasser schützen



Konsum

- Kleider länger tragen. Ein Europäer kauft im Jahr durchschnittlich 65 bis 70 neue Kleidungsstücke
- Wiederverwerten
- Einwegverpackungen vermeiden
- Frage: Brauch ich das wirklich?
- Reparieren



Energie

- fossile Energie (Gas, Erdöl, Kohle) ersetzen
- elektronische Geräte abschalten, Stand-by vermeiden
- Wärme im Winter in den Räumen auf 20° - 21 °C reduzieren.
- Kurz duschen (10-15 min), baden vermeiden
- Energieverbrauch der Geräte anschauen (Kategorien A...E)



Mobilität

- Auto wenig benutzen
- Fliegen vermeiden
- Zu Fuss gehen oder mit dem Fahrrad fahren
- Ferienzeile in Europa mit dem Zug



Freizeit

- Mobilität reduzieren
- Sport an Ort betreiben
- Gemeinsam etwas unternehmen
- Garten naturnah gestalten



Abfall

- Abfall vermeiden
- Einwegverpackungen vermeiden
- Plastik recyceln
- Abfall korrekt entsorgen





Fakt oder *Fake* I

Die Wissenschaft ist sich nicht einig, ob der Mensch einen Einfluss auf den Klimawandel hat.

- **Fakt ist:** 97 Prozent aller Klima-WissenschaftlerInnen sind sich einig, dass der Mensch zu einem grossen Teil den Klimawandel verursacht.
- Die anderen drei Prozent folgen unter anderem wirtschaftlichen und politischen Interessen. Sie werden zum Beispiel von der fossilen Industrie, also Erzeugern von Erdöl und Erdgasprodukten, bezahlt und wollen vor allem Verwirrung stiften.

Es gibt gar keine Erderwärmung.

- **Fakt ist:** Der menschliche Einfluss auf das Klima und die Erderwärmung ist keine Frage der persönlichen Meinung, sondern eine wissenschaftliche Tatsache. 18 der 19 wärmsten Jahre seit Beginn der Messungen 1880 traten nach dem Jahr 2000 auf.

Manchmal ist es heißer, manchmal kälter, das gab es immer schon: Im Mittelalter war es wärmer als heute

- **Fakt ist:** Der Temperaturanstieg ist nicht durch natürliche Einflüsse erklärbar, denn die meisten natürlichen Faktoren, die das Klima beeinflussen, wirken über viel längere Zeiträume. Ausserdem ist die ganze Welt von dieser Klimakrise betroffen und nicht einzelne Regionen, wie es im Mittelalter der Fall war. Der Temperaturanstieg kann nur mit dem Einfluss des Menschen erklärt werden.

Seit 1998 erwärmt sich die Erde nicht mehr weiter. Wegen sinkender Sonnenaktivität wird der Klimawandel demnächst stoppen.

- **Fakt ist:** Die Temperaturkurve zeigt nach oben, es gab und gibt also keine „Pause“ der Erderwärmung. Auch wenn die Oberflächentemperaturen schwanken, bleibt zum Beispiel die Erwärmung der Ozeane gleich. Die geringere Sonnenaktivität könnte sich nur sehr wenig (etwa -0,3 Grad) auf die drohende Erderwärmung auswirken. Dem Argument, Schwankungen der Sonnenflecken, mit ihren erhöhten Strahlungswerten, wären für den messbaren Temperaturanstieg der letzten vier Jahrzehnte verantwortlich, kann eindeutig widersprochen werden. Die Sonnenaktivität sinkt, während die Temperatur und der Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre steigen. Sonnenaktivität und globale Erwärmung sind entkoppelt, sie entwickeln sich sogar gegenteilig.

Die Natur setzt viel mehr CO₂ frei als der Mensch. Der menschengemachte Beitrag ist viel zu gering, um Auswirkungen auf das Weltklima zu haben.

- **Fakt ist:** Es gab über Jahrtausende hinweg natürliche Schwankungen des CO₂-Anteils in der Atmosphäre. Aber erst mit der Verbrennung fossiler Energieträger, wie Erdöl und Kohle, wurde das natürliche Gleichgewicht gestört. Auch wenn der menschengemachte Anteil nur vier Prozent des Kohlenstoffkreislaufs ausmacht – die Wirkung ist gross. Im Vergleich zur vorindustriellen Zeit gibt es heute um 40 Prozent mehr CO₂ in der Atmosphäre. Schon geringe Änderungen der CO₂-Konzentration wirken auf das Klimasystem.





Fakt oder *Fake* II

Wie wollen wir das Klima vorhersagen? Die Wetterdienste sind sich nicht einmal sicher, wie das Wetter in den nächsten zwei Wochen wird! Ausserdem: Ein kalter Winter lässt mich schon zweifeln, ob die globale Erwärmung überhaupt wahr ist!

- **Fakt ist:** Wetter und Klima sind nicht dasselbe. Das örtliche Wetter wird von dem kurzfristigen Zustand der Atmosphäre bestimmt. Das weltweite Klima bezieht sich aber auf lange Zeiträume von mindestens 30 Jahren. Ein kalter Winter ändert nichts am langfristigen Trend der Erderwärmung, trotzdem ist auch mit vereinzelt Kältereorden zu rechnen. In den letzten Jahrzehnten gab es doppelt so viele Hitze- wie Kältereorden. Dazu kommt: Langfristige Temperaturänderungen können wir schwer wahrnehmen, kurzfristige Kälte- und Hitzeperioden fühlen wir am eigenen Körper. Analogie: Schaltet man die Herdplatte an, ist es eher schwierig genau vorherzusagen, wo die einzelnen Blasen hochkommen wenn das Wasser kocht (analog zum Wetter). Man kann aber mit sicher sagen, dass es zur Blasenbildung kommen wird (Klima).

Der Klimawandel ist doch gar nicht so schlimm. Er kann auch positive Auswirkungen haben

- **Fakt ist:** Die negativen Auswirkungen des Klimawandels auf unsere Umwelt, Landwirtschaft, Gesundheit und Wirtschaft sind viel größer als die möglichen positiven Folgen. Bessere Bedingungen für die Landwirtschaft oder niedrigere Heizkosten würden ausserdem nur regional auftreten und oft nur kurzfristig anhalten. Gleichzeitig kommt es durch den zunehmenden Temperaturanstieg zu chaotischen Wetterabläufen wie Starkregen und Stürmen, die unvorhersehbare Folgen haben können z.B. für die Landwirtschaft.

Klimaschutz? Das ist ja nur der neueste Trend.

- **Fakt ist:** Die Unterstellung, dass Klimaschutz ein Trend ist und Promis oder Firmen damit ihr Image aufpolieren möchten, ist kein Argument gegen den Klimaschutz. Es zeigt nur, dass viele Menschen die Wichtigkeit des Themas erkannt haben. Natürlich soll aber „Greenwashing“, also der Versuch von Unternehmen und Personen sich als besonders umweltbewusst darzustellen, um daraus Profit zu schlagen, kritisch hinterfragt werden.

„Wer soll denn das alles noch verstehen?“

- **Fakt ist:** Der Klimawandel ist ein kompliziertes Thema – die Hauptbestandteile und einzelnen Massnahmen sind aber leicht verständlich. Versuche, dich an den Wissensstand des Gegenübers anzupassen und die Dinge einfach zu erklären. Falls jemand mit Fachbegriffen, die du nicht kennst, um sich wirft – frage nach.

„Und dass das Arbeitsplätze kostet, interessiert dich nicht?“

- **Fakt ist:** Hier geht es nicht darum, über Arbeitslosigkeit zu sprechen, sondern vom Diskussionsthema Klimawandel abzulenken. Ein anderes Problem vorzuschieben oder häufige Themen-Sprünge sind ein Anzeichen dafür, dass das Gegenüber keinen Wunsch hat, sich über ein Thema inhaltlich zu unterhalten

Solange die anderen nichts tun, hat das alles keinen Sinn!“

- **Fakt ist:** Wenn es um weltweite Probleme geht, fühlen wir uns oft machtlos. Aber Klimaschutz fängt im Kleinen an. Jeder kann seinen Beitrag leisten – und dabei oft auch noch Geld sparen. Ausserdem ist Klimaschutz auch eine Chance, Entwicklungen früh zu erkennen und eine Vorreiterrolle einzunehmen. Auf regionaler Ebene werden zum Beispiel neue Arbeitsplätze geschaffen.



Gruppendiskussionen

Was bedeutet:

- **Saisonize your meal:**
Esse Gemüse, das gerade wächst in deiner Umgebung.
- **Frisch und roh macht froh:**
Meide verarbeitete Nahrungsmittel.
- **Lebensmittel retten:**
Kampf gegen Foodwaste. Gurken dürfen Kurven haben!
- **Nachhaltige Produkte**
Ökologisch nachhaltig Produkte sind wiederverwendbar, waschbar, reparierbar, recycelbar. Wenig Transportwege und gut lagerbar.
- **Verpackungen**
Plastikberge vermeiden
- **Secondhand**
ausleihen, Altes neu gestalten, Kleider tauschen





Projektthemen

- Handy, Benzin, Fleisch : Was haben sie gemeinsam?
- Kohlestrom oder Rindfleisch?
- Die grössten Probleme zuerst angehen! Welche?
- Geld und Klima.
Was macht die Bank mit deinem Geld.
Kredite, Investitionen, faires Geld
- Treibhausgasausstoß
- Energiesparen bei der Mobilität:
Km pro Jahr, Gewicht des Autos?
- Konsum: Direkter und indirekt Energieverbrauch
- Wählen





Küche und Haushalt

Tipps Einkaufen:

- Benutze zum Einkaufen wiederverwendbare Taschen.
- Nimm Nahrungsmittel rechtzeitig aus dem Tiefkühlfach und tauge sie langsam im Kühlschrank auf - anstatt schnell im Mikrowellenherd.
- Verwende Recycling-Papier statt Papier aus frischem Zellstoff.

Tipps Badezimmer:

- Verwende in der Dusche einen Sparduschkopf. Er durchsetzt das Wasser mit Luft und senkt so den Verbrauch.
- Duschen ist energiefreundlicher als Baden
- Kurze Duschzeiten spart Energie

Tipps fürs Stromsparen:

- Vermeide bei Elektrogeräten den Stand-by-Modus. Mit einer Mehrfach-Steckerleiste mit Netzschalter kann man mehrere Geräte wie Computer, Monitor und Drucker gleichzeitig ausschalten.
- Lade deine Akkus nicht zu früh und nicht zu lange auf, das verkürzt deren Lebensdauer. Nutze, wenn möglich, Geräte mit Netzstecker, denn die Herstellung von Akkus belastet die Umwelt.
- Geräte über Nacht ganz ausschalten

Tipps Ernährung

- CO₂- Bilanz verbessern: Klimaschutz durch Fleischverzicht
- 35% Prozent aller, vom Menschen verursachten, Treibhausgase entfallen auf die Lebensmittelindustrie.
Tierische Produkte haben mit 57 % den größten Anteil.
Rindfleisch schneidet am schlechtesten ab:

Beispiel:

1kg Rindfleisch → benötigt 15 Kg Futter dazu braucht man 40 m² Anbaufläche.

120 Kg Karotten + 80 Kg Äpfel ≈ 400 kg Äpfel → 40 m²

- Bei der Tierhaltung wird vor allem das Treibhausgas Methan frei. Es entsteht bei der Verdauung. Rinder rülpfen und pupsen es in die Atmosphäre. Methan ist für das Klima 25x als schlimmer als CO₂. Methan wird auch freigesetzt, wenn Gülle auf den Feldern ausgebracht wird.








Sichtbare Veränderungen

ERDERWÄRMUNG

So zeigt sich der Klimawandel in Deutschland jetzt schon

Temperatur seit 1881	  + 1,6 °C
Tage über 30 Grad seit 1951	  + 196 %
Meeresspiegel (Pegel Cuxhaven) seit 1843	  + 42 cm
Pflanzenwachstum seit 1961	  bis zu 3 Wochen früher
Niederschlag im Winter seit 1881	  + 27 %
Tage unter null Grad seit 1951	  - 49 %

Quarks

Quellen: Deutscher Wetterdienst (2021), Werte im 30-jährigen Mittel,
bei Meeresspiegel wird Jahresdurchschnitt über 19 Jahre gemittelt

WDR®

