



Globaler Klimawandel Emissionen und erneuerbare Energien

Materialien für die Sekundarstufe

**Global Climate Change,
Generated Emissions and Renewables**
(Secondary Level)

Prof. Dr. Gerhard de Haan

Ulrich Böhme, lic. rer. publ.



Inhalt

1. Einleitung	4
2. Hintergrundinformationen für den Lehrer	6
2.1. Aufbau des Materials	6
2.2. Zielgruppe	7
2.3. Zielsetzung	7
2.4. Curriculare Rahmenbedingungen	9
3. Informationen zu den Themen	10
3.1. Ursachen des Klimawandels	10
3.2. Die Klimaszenarien des IPCC	15
3.3. Verursacher des CO ₂ -Ausstoßes	19
3.4. Ländergruppen	24
3.5. Erneuerbare Energien	29
Arbeitsblätter	33
Bewertungsbogen	60

Herausgeber/Impressum:

The Tamaki Foundation Project on Environmental Education

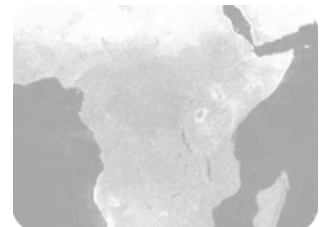
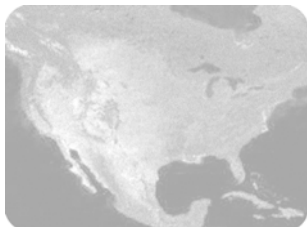
Project Coordinator: Prof. Dr. Günter Heiduk

Institute for International and Regional Economic Relations

University of Duisburg-Essen

Lotharstr. 65

D-47048 Duisburg



Übersicht Arbeitsblätter

I. Ursachen des Klimawandels

Arbeitsblatt 1 – Das Klimasystem

Arbeitsblatt 2 – Der Treibhauseffekt

Arbeitsblatt 3 – Der Kohlenstoffkreislauf

Arbeitsblatt 4 – Der Geist aus der Flasche

Arbeitsblatt 5 – CO₂ und Wasser

II. Die Klimaszenarien des IPCC

Arbeitsblatt 6 – Mittlere globale Erdoberflächentemperaturen

Arbeitsblatt 7 – Die Klimaszenarien des IPCC

Arbeitsblatt 8 – IPCC-Klimaprognosen bis 2100

Arbeitsblatt 9 – Folgen des globalen Klimawandels

Arbeitsblatt 10 – Betroffenheit der Kontinente

III. Verursacher des CO₂-Ausstoßes

Arbeitsblatt 11 – Welche Treibhausgase gibt es und wo entstehen sie?

Arbeitsblatt 12 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Strom

Arbeitsblatt 13 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Auto

Arbeitsblatt 14 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Heizung

Arbeitsblatt 15 – Energie sparen im Schlaf

IV. Ländergruppen

Arbeitsblatt 16 – Ländergruppen

Arbeitsblatt 17 – Die Kaya-Identität

Arbeitsblatt 18 – Visitenkarten Energie und Wirtschaft

Arbeitsblatt 19 – Länder kommen in die Charts

Arbeitsblatt 20 – Äpfel und Birnen around the world

V. Erneuerbare Energien

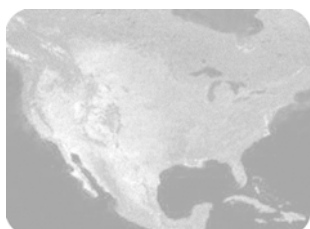
Arbeitsblatt 21 – Energie ohne Ende

Arbeitsblatt 22 – Klar: Die Sonne

Arbeitsblatt 23 – Umstritten: Der Wind

Arbeitsblatt 24 – Geheimnisvoll: Biomasse

Arbeitsblatt 25 – Der große Energie-Test



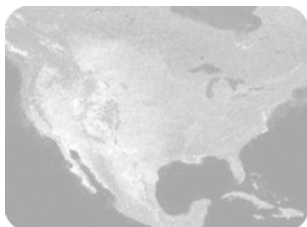


1. Einleitung

Nachhaltige Entwicklung und Klimaschutz stehen spätestens seit der Weltkonferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 in Rio de Janeiro auf der Tagesordnung der politischen Diskussion. Seitdem hat sich die Erde weiter gedreht – mit einigen Erfolgen in der Sache, zum Beispiel im Bereich des Klimaschutzes. Das Kyoto-Protokoll zur Reduzierung der Treibhausgas-Emissionen ist mittlerweile in Kraft getreten, wobei sich allerdings die USA als größter Emittent immer noch quer stellen und immer wieder betonen, andere Wege gehen zu wollen. Der überwiegende Rest der Welt hat sich jedoch der Gemeinschaft angeschlossen und damit einen ersten Schritt unternommen. Über Nachfolge-Abkommen für Kyoto wird bereits debattiert.

Auch in der allgemeinen öffentlichen Diskussion, wenn nicht gar im alltäglichen Handeln, spielt das Thema nachhaltige Entwicklung eine wachsende Rolle. Klimawandel und Klimaschutz, Energie sparen und erneuerbare Energien, Recycling und ressourcenschonende Effizienz haben es längst auf die Titelseiten der Massenblätter geschafft. Sie sind im Gespräch, haben Gesprächs- und damit Nachrichtenwert. Dazu beigetragen haben freilich weniger internationale Konferenzen als vielmehr reale Ereignisse von internationaler Ausstrahlung wie eine Häufung von Naturkatastrophen, die zumindest als Anzeichen eines globalen Klimawandels gewertet werden können. Seien es eine beängstigende Serie von Wirbelstürmen in der Karibik, die Häufung sehr milder Winter selbst in den sonst schneesicheren Skigebieten Europas oder sogar die verheerende Flutwelle im Indischen Ozean Weihnachten 2004. Letztere hatte zwar nichts mit dem Klima zu tun, sie hat aber auf erdrückende Weise deutlich gemacht, wohin die Reise geht, wenn der Meeresspiegel wegen einer höheren Erdmitteltemperatur und schmelzender Polkappen um ein, zwei Meter ansteigt.

Kurzum: Die Sinne sind geschärft, das Wissen aber eher unscharf. Hier setzt Bildung für eine nachhaltige Entwicklung an. Sie zielt auf eine Vernetzung von curricular gelehrtem Fachwissen und Umweltbildung sowie entwicklungsbezogener Bildung ab. Nach erfolgreichen Initiativen und Schulentwicklungsprogrammen in zahlreichen Ländern hat die Vollversammlung der Vereinten Nationen im Dezember 2002 beschlossen, eine Weltdekade „Bildung für nachhaltige Entwicklung“ auszurufen. Sie folgte damit einer Empfehlung des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung, der we-



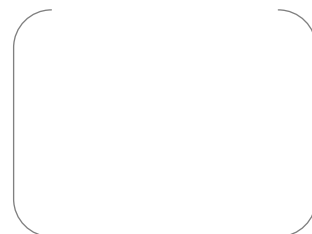
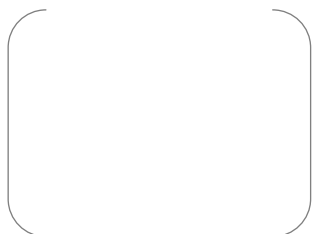


nige Monate zuvor in Johannesburg stattfand. Die Dekade läuft von 2005 bis 2014, weltweit koordiniert wird sie von der UNESCO. Ziel ist es, die 1992 in Rio de Janeiro beschlossene und in Johannesburg bekräftigte Agenda 21 weiter umzusetzen und die Prinzipien nachhaltiger Entwicklung in den nationalen Bildungssystemen zu verankern. Im Unterschied zur Mitte der 1990er Jahre geht es jedoch jetzt nicht mehr bei Null los. Für die internationale Perspektive kann auf breite nationale Erfahrungen zurück gegriffen werden, wie zum Beispiel auf die Ergebnisse des deutschen BLK-Programms „21 – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung“, an dem sich zwischen 1999 und 2004 mehr als 200 Schulen in ganz Deutschland beteiligt hatten.

Als Aufgabe der Bildung für nachhaltige Entwicklung wurde hier definiert, den Schülerinnen und Schülern Gestaltungskompetenz zu vermitteln. Gemeint ist damit das Vermögen, die Gemeinschaft, in der man lebt, in aktiver Teilhabe ökologisch verträglich, wirtschaftlich leistungsfähig und sozial gerecht zu verändern und zu gestalten. Wer über Gestaltungskompetenz verfügt, kann in vielen Lebenslagen die Zukunft vorausschauend modifizieren, reagiert mithin nicht nur auf bereits entstandene Probleme. Gestaltungskompetenz schließt Analyse-, Bewertungs- und Handlungskompetenzen ein, dazu gehören zum Beispiel

- die Kompetenz, vorausschauend zu denken;
- die Kompetenz zu weltoffener Wahrnehmung, transkultureller Verständigung und Kooperation;
- die Kompetenz, interdisziplinär zu arbeiten;
- Partizipationskompetenzen;
- Planungs- und Umsetzungskompetenz;
- Fähigkeit zu Empathie, Mitleid und Solidarität;
- Kompetenz, sich und andere motivieren zu können;
- Kompetenz zur distanzierten Reflexion über individuelle wie kulturelle Leitbilder.

Das vorliegende Material dient Lehrkräften als Handreichung, diese Kompetenzen zu vermitteln. Es soll einen Beitrag dazu leisten, dass die heranwachsende Generation auf fundierten Grundlagen ihre Entscheidungen für die Zukunft treffen kann.





2. Informationen für die Lehrkraft

2.1. Aufbau des Materials

Methodisch folgt das Material situierten, problem- und projektorientierten, auf Handeln basierenden Lernkonzepten. Die Schülerinnen und Schüler sollen nicht Vorträgen folgen oder vorgefertigte Texte auswerten, sondern selbstständig die auf den Arbeitsblättern gestellten Aufgaben bearbeiten. Dazu gehören Literatur- und Internetrecherche, Nachfragen bei Institutionen und Firmen der Region, Gespräche mit Eltern und natürlich Diskussionen in der Gruppe oder Klasse. Alle Einheiten sind fächerübergreifend angelegt. Sie eignen sich für Projektstage, können aber genauso gut an den laufenden Fachunterricht angebunden werden. Ansätze finden sich in den naturwissenschaftlichen wie in den gesellschaftswissenschaftlichen Fächern aber auch in Mathematik.

Die Themen müssen nicht in der angegebenen Reihenfolge abgearbeitet werden. Die Lehrkraft kann sie nach Bedarf und entsprechend dem Kenntnisstand in der Klasse/Gruppe einsetzen. Dabei sind auch Modifizierungen und Kombinationen mit anderen Materialien der Reihe (z. B. Umweltrecht oder Umweltpolitik) möglich.

Das Material besteht aus fünf Themenkomplexen oder Unterrichtseinheiten. Einer Einführung in die jeweilige Thematik folgen Vorschläge für den Unterrichtsablauf einschließlich besonderer Hinweise dazu. Materialempfehlungen listen auf, welche Arbeitsblätter dazu gehören und welche zusätzlichen Materialien den Schülerinnen und Schülern zur Verfügung stehen sollten. Enthalten sind auch Tipps für die Unterrichtsvorbereitung. Anschließend werden Ansätze für partizipatives Lernen dargestellt und gegebenenfalls mit entsprechenden Aufträgen kombiniert. Dabei sollen ausdrücklich auch Eltern und Vereine einbezogen werden. Zur besseren Orientierung für Lehrkräfte und Lernende sowie zur Strukturierung von Projekten oder von über mehrere Stunden verteilten Unterrichtseinheiten werden Meilensteine gesetzt. Zudem wird auf Stolpersteine bei der Umsetzung im Unterricht verwiesen. Dem Textteil zu den Themenkomplexen zugeordnet sind auch die Lösungen zu den Aufgaben auf den Arbeitsblättern. Sie sind so aufbereitet, dass auch diese Seiten kopiert und an die Schülerinnen und Schüler zur Selbstkontrolle ausgegeben werden können.





Schwerpunkt bilden schließlich die Arbeitsaufträge für die Schülerinnen und Schüler, die jeweils aus kopierfähigen Arbeitsblättern bestehen. Um eine maximale Reproduzierbarkeit zu sichern, sind diese Blätter überwiegend schwarz-weiß und sie enthalten auch keine komplizierten Grafiken, deren Details in weniger guten Kopien verloren gehen könnten. Die Arbeitsblätter befinden sich im Anhang. Sie können so leicht vom Textteil getrennt und kopiert werden. Die Blätter sind fortlaufend nummeriert. Sie können jedoch nach den Vorstellungen der Lehrkraft auch neu kombiniert werden.

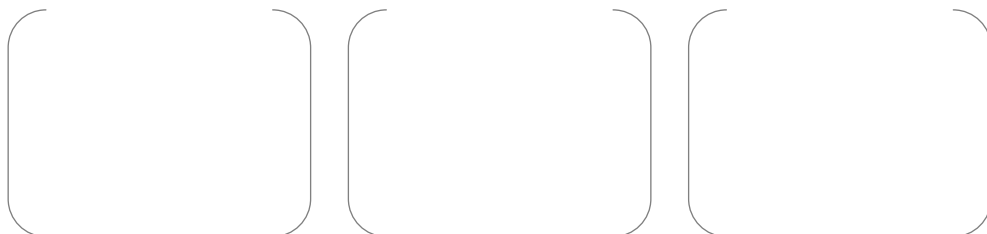
2.1. Zielgruppe

Das vorliegende Material ist für die Sekundarstufe aller Schulformen gedacht. Es eignet sich für alle Schülerinnen und Schüler mit naturwissenschaftlichem Grundwissen, also etwa ab der sechsten Klassenstufe (12. Lebensjahr). Kernzielgruppe sind die 13- bis 16-Jährigen (7. bis 9. Schuljahr). Die Ansprüche höherer Klassenstufen sollten über die Angebote hinausgehen. Dennoch können Elemente auch hier zur Wiederholung und Zusammenfassung genutzt werden. Das Material ist für Projekte im regulären Unterricht, für Vertretungsstunden und für den Freizeitbereich der Ganztagschule geeignet.

2.2. Zielsetzung

Die Stoff- und Energiekreisläufe der Erde sind hoch komplexe Systeme. Ihre Wirkungsweise lässt sich nicht aus einer Wissenschaftsdisziplin heraus erklären und verstehen. Deshalb steht die Kompetenz interdisziplinär arbeiten zu können ganz oben auf der Liste der zu entwickelnden Fähigkeiten. Es geht um eine problemorientierte Verknüpfung von Natur- und Sozialwissenschaften, die Schülerinnen und Schüler lernen, komplexe Sachverhalte wie Treibhauseffekt und Klimaentwicklung mit Hilfe integrierter Analyseverfahren zu beschreiben.

Bei der Betrachtung der Klimaentwicklung lassen sich aus der Rückschau auf die vergangenen 150, 1.000 oder auch 400.000 Jahre wichtige Erkenntnisse gewinnen.



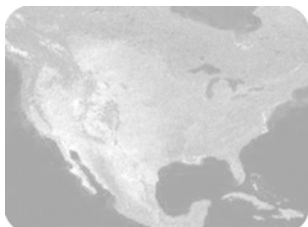


Entscheidende Grundlage für die Weichenstellungen heute und in Zukunft sind jedoch Projektionen dieser Erkenntnisse auf wahrscheinliche künftige Entwicklungen. Die Schülerinnen und Schüler sollen in die Lage versetzt werden, entsprechende Szenarien zu verstehen und zu bewerten sowie daraus Schlüsse für eigenes Handeln zu ziehen. Mittels der auch für Schulprojekte geeigneten Szenario-Technik entwickeln sie eigene Szenarien für bestmögliche und schlechtmöglichste Perspektiven. Sie stärken damit ihre Kompetenz vorausschauend denken und handeln zu können.

Eng verbunden sind damit Planungs- und Umsetzungskompetenzen. Das Augenmerk liegt im Kontext von Klimaentwicklung und Energieverbrauch nicht allein auf den unmittelbaren Folgen von heutigen Entscheidungen. Selbst bei einer drastischen Verringerung des CO₂-Ausstoßes zum Beispiel ist nicht zu erwarten, dass sich die Konzentration des Treibhausgases in der Atmosphäre ebenso schnell und deutlich reduzieren wird. Es ist mit erheblichen Zeitverzögerungen zu rechnen. Die Schülerinnen und Schüler erkennen solche Effekte und lernen mit Rückkopplungen, Neben- und Spätfolgen und Überraschungseffekte umzugehen.

Eine internationale Perspektive ist dabei unumgänglich. Kohlendioxid und andere Treibhausgase machen nicht an Grenzen halt, sie verteilen sich in der Atmosphäre mit der Folge eines stetigen Anstiegs der Konzentrationen. Dafür sind die absoluten Emissionswerte der Staaten von Belang, sie können nicht durch die jeweilige Bevölkerungszahl relativiert werden. Der Atmosphäre ist es einfach ausgedrückt egal, ob die CO₂-Emissionen von wenigen Menschen oder von vielen verursacht werden – entscheidend ist die Menge an sich und der damit verbundene Anstieg der mittleren Temperatur. Dies stellt die Frage der Gerechtigkeit innerhalb der jetzt lebenden Generationen auf eine harte Probe. Die Kompetenz zu weltoffener Wahrnehmung, transkultureller Verständigung und Kooperation kann helfen, Antworten zu finden.

Mit dem Vergleich der Emissionswerte der Staaten rücken auch Lebensstile in den Blickpunkt der Diskussion. Klassisch ist die Frage, welche Folgen es für das Klima haben würde, wenn sich alle Chinesen ein Auto kaufen würden – oder wenigstens jeder Zweite, entsprechend der Relation von Bevölkerungszahl und PKW-Bestand in Deutschland. Doch es geht nicht nur um Luxusgüter sondern um grundlegende Lebensbedürfnisse in der einen Welt. Die Kompetenz zur distanzierten Reflexion über



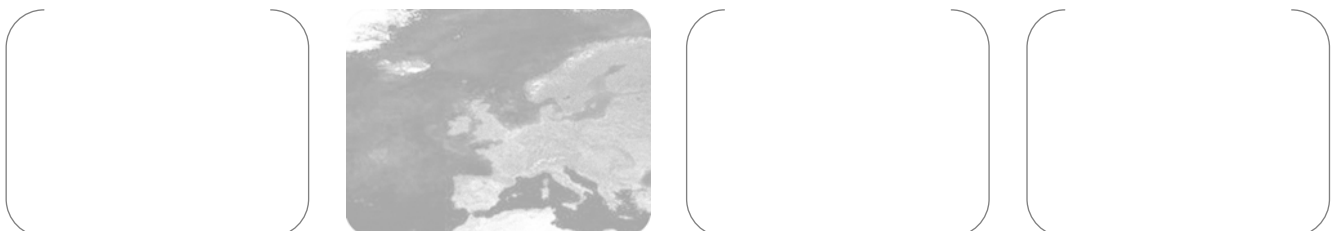


individuelle wie kulturelle Leitbilder unterstützt die Suche des Einzelnen wie der Gemeinschaft nach Wegen zum persönlichen Beitrag zur Lösung oder besser: Linderung der Probleme.

2.3. Curriculare Rahmenbedingungen

Zumindest in den deutschen Schulen ist die Thematik nicht ganz neu, es finden sich viele Ansätze in den vorhandenen Lehrplänen der Bundesländer. Hier eine Übersicht ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

- Die Zukunft der Menschheit: Treibhauseffekt
- Eigenschaften und Wirkungen der Weltmeere, Beeinflussung des Klimas, der Flora und Fauna durch Golfstrom und Humboldtstrom
- Klimahistorie: Zyklen der Klimaveränderung und ihre Ursachen
- Unsere Atmosphäre ein Treibhaus: Die Atmosphäre bestimmt unsere Lebensbedingungen; der Treibhauseffekt – eine Verschiebung des Strahlengleichgewichts der Erde
- Einfluss des Menschen auf Klima und Wetter: Erde als Treibhaus, Treibhauseffekt
- Klimabeeinflussung durch anthropogenes Wirken, Treibhauseffekt, Abbau der Ozonschicht
- Die Verstärkung des Treibhauseffektes
- Energieträger: Umweltproblematik; Art und Ausmaß von Umweltbelastungen (lokal bis weltweite Wirkungen menschlicher Eingriffe auf Luft, Wasser, Boden, Klima usw., Einzelwirkungen, Wirkungszusammenhänge)





3. Informationen zu den Themen

3.1. Ursachen des Klimawandels

3.1.1. Einführung

Alle Reden von Klima und Klimawandel, sogar die Traumfabrik Hollywood („The Day After Tomorrow“). Doch was ist das eigentlich, das Klima? Definiert wird es gemeinhin als mittlerer Zustand der Atmosphäre über einem bestimmten Gebiet, also als der für das Gebiet charakteristische Ablauf der Witterung. Da das Klima schon immer Schwankungen unterliegt, werden bestimmte Zeiträume zu Grunde gelegt. In der Regel wird über 30 Jahre der Mittelwert von Wettererscheinungen wie Temperaturen, Niederschlagsmengen, Luftdruck usw. gebildet. Klima ist somit die Statistik des Wetters. Das bedeutet zugleich, dass einzelne Extreme keinerlei Beleg für einen Klimawandel sein können. Ein verregneter Sommer in einem sonst eher trockenen Gebiet ist kein Anzeichen, ein signifikanter Anstieg der Niederschlagsmengen im Sommer dagegen schon.

Um die Entwicklung des Klimas zu verstehen reicht es nicht, das Klima aus meteorologischer Sicht zu beschreiben. Längerfristige Veränderungen der Atmosphäre werden durch eine Vielzahl von Wechselwirkungen mit dem Ozean, den Landflächen, der Vegetation und den Eismassen geprägt. Hier ist eine systemische Herangehensweise nötig. Das Klimasystem besteht aus verschiedenen Untersystemen: Dazu gehören neben der Atmosphäre die Hydrosphäre (Ozeane, Flüsse, Seen, Regen, Grundwasser), die Kryosphäre (Inlandeismassen, Meereis, Schnee, Permafrost), die Biosphäre auf dem Land und im Wasser sowie das Erdreich im weitesten Sinne, das heißt einschließlich der Erdkruste und dem oberen Erdmantel (schematische Abbildung des Klimasystems auf Arbeitsblatt 1). Die Wechselwirkung zwischen den Untersystemen vollzieht sich über Energie-, Impuls- und Stoffflüsse, wozu auch der Transport chemischer Substanzen und deren Umwandlungsprozesse zu zählen sind, zum Beispiel Treibhausgase oder Nährstoffe der Biosphäre, die mit dem Energiekreislauf in Verbindung stehen.

Hauptantrieb des Klimasystems und seiner Untersysteme ist die Leuchtkraft der Sonne. Weitere astronomische Antriebe stehen in Zusammenhang mit der Erdbahn um





die Sonne, mit dem Erdmagnetfeld und der Erdrotation. Änderungen der Plattentektonik der Erde und Vulkanausbrüche nehmen ebenfalls Einfluss auf das Klimasystem. Neben diesen natürlichen Antrieben, die sich in den vergangenen Jahrtausenden und Jahrmillionen teils extrem verändert haben – mit den entsprechenden Folgen für das Erdklima – stehen die Einflüsse des Menschen durch Treibhausgasemissionen und Landnutzung. Die anthropogenen Einflüsse sind in Klimaarchiven, zum Beispiel in Eisbohrkernen, seit der industriellen Revolution in der Mitte des 19. Jahrhunderts sichtbar und ihre Auswirkungen werden immer deutlicher, jedenfalls nach der Auffassung der großen Mehrheit der Wissenschaftler. Die vergleichsweise extremen Veränderungen im Klimasystem in den vergangenen gut 150 Jahren lassen sich mit natürlichen Antrieben längst nicht mehr erklären (siehe auch unter 3.2.).

Ganz oben auf der Liste der Einflüsse des Menschen steht der Ausstoß von Kohlendioxid. Mit der steigenden Konzentration des Treibhausgases in der Atmosphäre wird immer mehr Wärme der Sonne gespeichert, die Erde heizt sich auf. Hierzu ist zu bemerken, dass der Treibhauseffekt zunächst erst einmal eine natürliche, ja lebenswichtige Angelegenheit ist. Ohne ihn wäre die Erdoberfläche durchschnittlich minus 18 Grad kalt, mit sind es plus 15 Grad. Zudem ist CO₂ nicht das wichtigste Treibhausgas, der größte Teil des Effekts wird durch Wasserdampf bewirkt. Kohlendioxid und andere vom Menschen emittierte Treibhausgase füllen jedoch die Lücken, die der Wasserdampf im Spektrum der Wärmestrahlung lässt. Auf diese Weise haben weitaus kleinere Mengen der Gase größere Auswirkungen, sie wirken effizienter. Als Abprodukt in Verbrennungsprozessen steht CO₂ mit dem menschlichen Wirken in engstem Zusammenhang. Das Gas entsteht insbesondere bei der Nutzung von fossilen Energieträgern, von Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle. Was in Tausenden von Jahren an Kohlenstoff in diesen Brennstoffen gespeichert wurde, verbrennt der Mensch innerhalb weniger Jahrzehnte und bringt damit den natürlichen Kohlenstoffkreislauf durcheinander.

In der Diskussion über Wege aus dieser Situation sind neben Energie sparen und mithin Reduktion der Verbrennung von fossilen Energieträgern auch so genannte CO₂-Senken ins Gespräch gekommen. Dazu gehört der Großteil der Vegetation, der bei der Photosynthese Kohlendioxid verbraucht und der Atmosphäre entzieht. Gerade-





zu gigantische Kohlenstoffsinken sind auch die Weltmeere. CO_2 ist wasserlöslich, wegen des Salzgehalts der Ozeane vollzieht sich dieser Prozess hier auch besonders gut. Doch das Treibhausgasproblem löst sich nicht gleich mit auf – im Gegenteil: Die Löslichkeit von Kohlendioxid in Wasser ist temperaturabhängig. Je wärmer es ist, je weniger Gas löst sich auf und je mehr Gas wird umgekehrt wieder freigesetzt. Steigende Temperaturen in Folge des anthropogenen Treibhauseffekts verstärken selbigen also zusätzlich durch die Freisetzung von Kohlendioxid, das bisher in den Ozeanen gespeichert ist.

3.1.2. Verlaufsvorschlag

Die Lehrkraft gibt zunächst eine Einführung ins Thema. Grundlage dafür sind der vorangegangene Text und reguläre Unterrichtsthemen, bei denen angesetzt wird. Es kann auch ein aktueller „Aufhänger“ genutzt werden.

1. Schritt

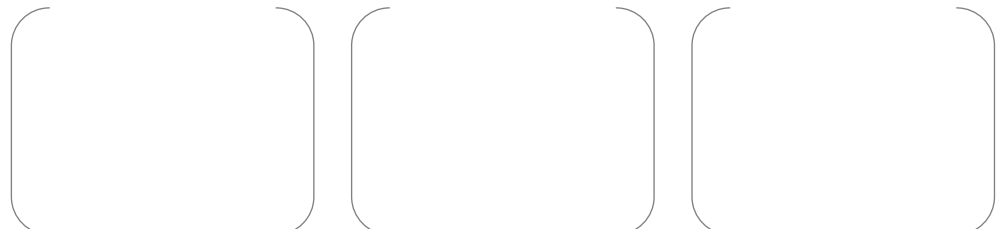
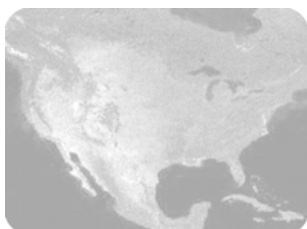
Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich in Partnerarbeit oder in kleinen Gruppen mit Arbeitsblatt 1. Sie lernen die Grundzüge des Klimasystems kennen, bestimmen Antriebe und Stoffströme. Sie unterscheiden zwischen natürlichen und anthropogenen Antrieben des Systems. Sie klären, ob der menschliche Einfluss auf das Klimasystem auf den Wasserkreislauf oder auf den Kohlenstoffkreislauf einwirkt.

2. Schritt

Die Klasse wird in Gruppen aufgeteilt. Die eine Hälfte beschäftigt sich mit Arbeitsblatt 2, die andere mit Arbeitsblatt 3. Anschließend informieren sich die Gruppen gegenseitig über ihre Ergebnisse und Erkenntnisse. Möglich ist auch ein Wechsel der Arbeitsaufträge nach der Hälfte der Zeit.

3. Schritt

Das Experiment auf Arbeitsblatt 4 eignet sich gut als Hausaufgabe. Hier sollten die Schülerinnen und Schüler wieder in kleinen Gruppen zusammenarbeiten, es ist aber auch individuelle Arbeit möglich. Steht in der Schule ein Kühlschrank zur Verfügung, kann das Experiment auch in der Klasse durchgeführt werden.





4. Schritt

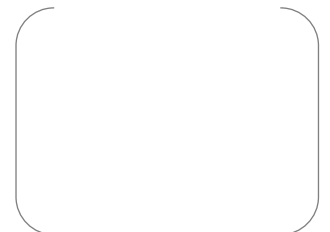
Die Auswertung des Experiments im Unterricht leitet zu Arbeitsblatt 5 über. Die Aufgaben werden in Gruppenarbeit gelöst.

5. Schritt

Moderiert von der Lehrkraft fassen die Schülerinnen und Schüler ihre Erkenntnisse aus der Unterrichtseinheit zusammen. Zur Kontrolle werden einzelne Aufgaben von den Arbeitsblättern in abgewandelter Form gestellt.

3.1.3. Materialien

- Arbeitsblätter 1 bis 5
- Computer mit Internet-Zugang
- Mineralwasser mit Kohlensäure
- Luftballons
- Thermometer
- Kühlschrank





3.1.4. Lösungen zu den Arbeitsblättern

Arbeitsblatt 1 – Das Klimasystem

1. Sonne, Pfeilspitzen nach unten
2. Vulkanausbrüche
3. Pfeilspitze nach oben
4. natürlich: Sonne, Vulkanausbrüche; Mensch: Landnutzung, Treibhausgase

Arbeitsblatt 2 – Der Treibhauseffekt

1. Kohlendioxid und andere vom Menschen ausgestoßene Treibhausgase füllen die Lücken, die der Wasserdampf lässt.
2. c

Arbeitsblatt 3 – Der Kohlenstoffkreislauf

1. a
2. oben immer E, unten von links nach rechts: D, C, A, B
3. durch den Einfluss des Menschen

Arbeitsblatt 4 – Der Geist aus der Flasche

1. Der Luftballon auf der gekühlten Flasche wird vom ausströmenden CO_2 weniger stark aufgeblasen als der auf der ungekühlten Flasche. Aus der gekühlten Flasche wird weniger CO_2 freigesetzt.
2. $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
3. Wasser kann mit Kohlendioxid zu Kohlensäure reagieren, es kann also Kohlendioxid aus der Atmosphäre aufnehmen.

Arbeitsblatt 5 – CO_2 und Wasser

Schaubild: Wenn das Wasser mit darin gelöstem Kohlendioxid in wärmere Gegenden strömt, wird das CO_2 wieder freigesetzt. Wenn die Kohlensäure in große Tiefen absinkt, wird das CO_2 länger gespeichert.

1. CO_2
2. b
3. Die Weltmeere nehmen weniger CO_2 auf und setzen mehr CO_2 frei.





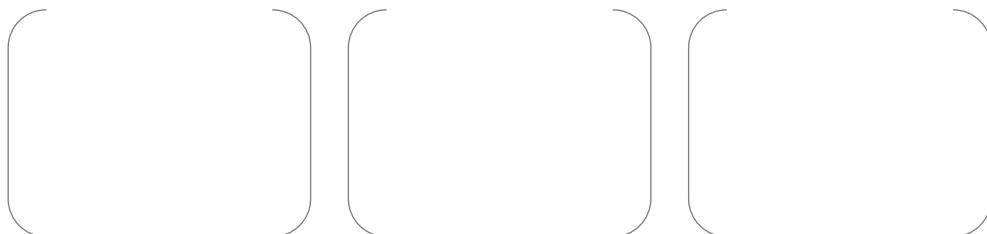
3.2. Die Klimaszenarien des IPCC

3.2.1. Einführung

Eine der Schlagzeilen des Jahres 2004 lautete: „Bush-Regierung gibt Klima-Schäden durch Treibhausgase zu“. Diese Erkenntnis bedeutete ein Abkehr von der bisherigen Position der Regierung, führte aber nicht etwa dazu, dass die USA – so wie wenige Wochen später Russland – das Kyoto-Protokoll ratifizierten. Die Diskussion, dass es sich beim weltweiten Temperaturanstieg und beim Klimawandel um ein rein natürliches Phänomen handelt, ausgelöst zum Beispiel durch Sonnenflecken und Schwankungen der Erdachse, hat damit vielleicht einige wichtige Befürworter verloren, vom Tisch ist sie aber noch nicht.

Dabei hat der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderung (kurz IPCC = Intergovernmental Panel on Climate Change) schon 2001 festgestellt, dass es an den anthropogenen Ursachen des Klimawandels kaum einen Zweifel geben kann. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt haben nachgewiesen, dass die Erderwärmung in den vergangenen rund 150 Jahren, also seit Beginn der Industrialisierung, zum überwiegenden Teil auf den Einfluss des Menschen zurück zu führen ist. Dieser Nachweis wurde mit Modellrechnungen realisiert. Zunächst haben die Experten ausgerechnet, wie die Temperaturkurve zwischen 1858 und 2000 verlaufen wäre, wenn das Klima in dieser Zeit ausschließlich von natürlichen Faktoren beeinflusst worden wäre. Dazu gehören zum Beispiel Sonneneinstrahlung, Vulkanausbrüche und Veränderungen des Neigungswinkels der Erdachse. Heraus kamen Werte, die weit von den gemessenen Temperaturen abweichen (in den Diagrammen auf Arbeitsblatt 6 veranschaulicht das breite graue Band die Modellrechnungen, die schwarze Linie die gemessenen Daten). In einer zweiten Serie wurden die natürlichen Antriebe ignoriert und nur die anthropogenen Einflüsse betrachtet. Die Ergebnisse im Modell kamen den gemessenen Werten wesentlich näher. Die Kombination beider Gruppen von Klimaantrieben, also der natürlichen und der vom Menschen verursachten, brachte nahezu Übereinstimmung zwischen Modell und Wirklichkeit.

Hauptaufgabe des IPCC war es, Prognosen für das Klima der Zukunft aufzustellen, das heißt, auf möglichst solider Grundlage zu errechnen. Im Mittelpunkt stand die Entwicklung des CO₂-Ausstoßes unter verschiedenen Bedingungen (weitere Informa-





tionen dazu auf Info- und Arbeitsblatt 7). Die Wissenschaftler rechneten die sechs Szenarien schließlich bis zum Jahr 2100 durch. Interessant ist dabei, dass trotz Senkung des CO₂-Ausstoßes in den Szenarien A1_{neue} und A1_{beide} sowie B1 die CO₂-Konzentrationen in der Atmosphäre und damit die Temperaturen weiter ansteigen werden, wenn auch nicht so steil wie in den anderen Szenarien.

Die prognostizierten Klimaänderungen lassen eine ganze Reihe von Folgen für die Welt erwarten, von denen die Kontinente und Regionen aber unterschiedlich stark betroffen sein werden. Das hängt sowohl von der Anpassungsfähigkeit der menschlichen Systeme als auch der Natur ab. In den hoch entwickelten Industriestaaten des Nordens, vor allem Europas und Nordamerikas werden die Folgen weniger schwerwiegend sein als in Afrika und Südasien.

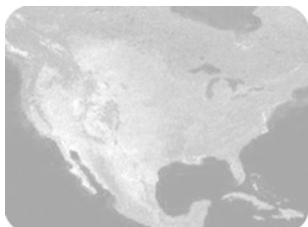
Die Ergebnisse des IPCC wurden in Zusammenfassungen für politische Entscheidungsträger unter anderem auf englisch und auf deutsch veröffentlicht. Als PDF-Dateien sind die Texte auch im Internet zu finden.

3.2.2. Verlaufsvorschlag

Die Lehrkraft gibt zunächst eine Einführung ins Thema. Grundlage dafür sind der vorangegangene Text und eigene Recherchen im Internet bzw. in geeigneter Literatur.

1. Schritt

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich individuell oder in Partnerarbeit mit Arbeitsblatt 6. Dabei greifen sie auf Kenntnisse zurück, die sie in der Unterrichtseinheit „Ursachen des Klimawandels“ gewonnen haben. Im Zuge der Auswertung der Ergebnisse zu Blatt 6 wird noch einmal darüber diskutiert, ob der sich derzeit vollziehende Klimawandel hauptsächlich natürliche Ursachen hat oder ob er überwiegend auf Einflüsse des Menschen zurückzuführen ist. Die Klasse kann dafür auch in zwei Gruppen aufgeteilt werden, die sich vor der Diskussion noch mit Argumenten aus dem Internet, aus Zeitungen/Zeitschriften und aus sonstiger Literatur versorgen. Die Gruppen nehmen dann zum Beispiel gegensätzliche Positionen von Staaten bei einer Klimakonferenz ein.





2. Schritt

Info- und Arbeitsblatt 7 und Arbeitsblatt 8 werden im Zusammenhang behandelt. Die Schülerinnen und Schüler erarbeiten individuell oder in Kleingruppen die Informationen auf Blatt 7 und versuchen, die Frage zu beantworten. Dann vergleichen sie ihre Lösungen mit den Diagrammen auf Blatt 8. Die Lehrkraft lenkt die Aufmerksamkeit auf den weiteren Anstieg von CO₂-Konzentration und Temperatur trotz sinkender Kohlendioxid-Emissionen.

3. Schritt

Im Unterrichtsgespräch wird erarbeitet, welche Witterungserscheinungen sich im Zuge des Klimawandels verändern werden. Die Diskussion sollte auf die fünf Gruppen laut Arbeitsblatt 9 abzielen (mehr Hitzewellen, weniger Frost, stärkere Niederschläge, längere Dürreperioden, häufiger Stürme). Es genügt aber auch, auf Temperatur, Niederschlag und Wind zu kommen. Die Klasse wird dann in drei Gruppen aufgeteilt, die sich mit unter Zuhilfenahme von Arbeitsblatt 9 mit den Phänomenen Temperatur, Niederschläge und Wind auseinandersetzen.

4. Schritt

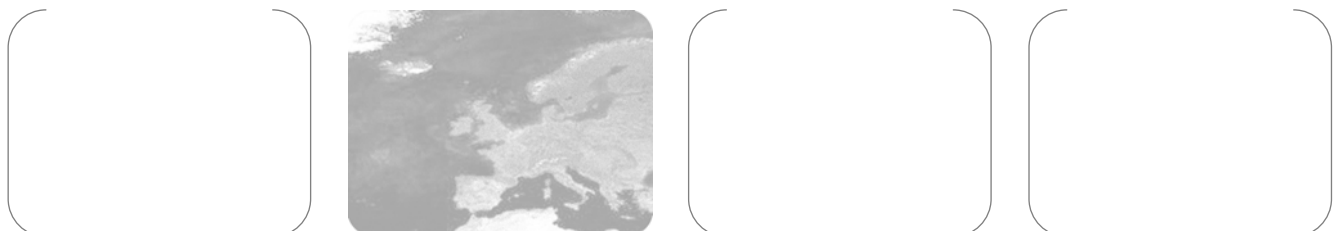
Jede dieser drei Gruppen löst dann die Aufgaben von Arbeitsblatt 10. Das heißt, es werden drei Weltkarten benötigt, es können auch einfache Skizzen sein, auf denen die Kontinente grob zu erkennen sind. Anschließend werden die Ergebnisse der Gruppen verglichen. Gibt es Unterschiede, setzt die Diskussion da an. Sind die Ergebnisse gleich (und richtig), konzentriert sich die Diskussion gleich auf die Frage, warum die Auswirkungen auf den Kontinenten unterschiedlich stark sind.

5. Schritt

Auf den Karten werden, sofern möglich, die sechs Länder USA, China, Deutschland, Russland, Brasilien und Kenia gekennzeichnet.

3.2.3. Materialien

- Arbeits- und Infoblätter 6 bis 10
- Computer mit Internet-Anschluss
- Weltkarten; Magnete, Pins o. ä.





3.2.4. Lösungen zu den Arbeitsblättern

Arbeitsblatt 6 – Mittlere globale Erdoberflächentemperaturen

1. a) natürlich, b) anthropogen, c) beide
2. Weil die Modellrechnung c der Realität am nächsten kommt, indem sie natürliche und anthropogene Einflüsse berücksichtigt.

Arbeitsblatt 7 – Die Klimaszenarien des IPCC

1. a) A1_{fossil} und A2, b) B1, auch A1_{neue} wäre nicht falsch

Arbeitsblatt 8 – IPCC-Klimaprognosen bis 2100

1. Auch in den Szenarien, in denen der CO₂-Ausstoß zurückgeht, steigen CO₂-Konzentration und Temperatur weiter an.
2. 2020 – B1, 2040 – A1_{neue}, 2050 – A1_{beide}, 2090 – A1_{fossil}

Arbeitsblatt 9 – Folgen des globalen Klimawandels

1. nein
Die anderen Antworten hängen von der Bewertung der Klasse ab.

Arbeitsblatt 10 – Betroffenheit der Kontinente

- 1 – Afrika, 2 – Asien, 3 – Europa, 4 – Europa, 5 – Afrika, 6 – Nordamerika, 7 – Nordamerika, 8 – Europa, 9 – Asien, 10 – Asien, 11 – Nordamerika, 12 – Afrika





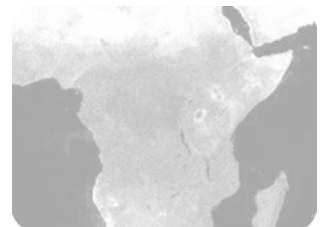
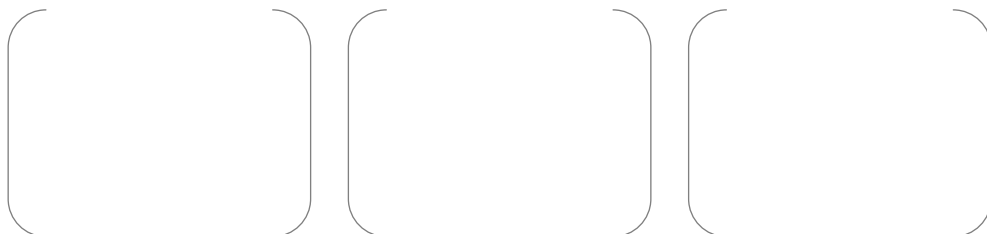
3.3. Verursacher des CO₂-Ausstoßes

3.3.1. Einführung

Bisher haben wir allgemein vom CO₂-Ausstoß des Menschen gesprochen. Doch die Emissionen werden nicht von irgendwem verursacht, sondern von jedem Einzelnen – mehr oder weniger. Auch von der Lehrkraft, den Schülerinnen und Schülern. So tragen die Haushalte zu einem sehr großen Teil der gesamten Emissionen eines Landes bei, vor allem durch Heizung, Stromverbrauch und Auto. Aber auch andere Arten der Mobilität schlagen zu Buche, sei es die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln auf dem Lande oder seien es Flugreisen. Indirekt ist der CO₂-Ausstoß der Haushalte noch größer: Fast jedes Produkt, das konsumiert wird, ist unter Energieaufwand hergestellt und veredelt worden, in den meisten steckt eine Transportleistung, mitunter sogar um die halbe Welt.

Blendet man diesen Gedanken aus, scheint das Spektrum der konkreten Verursacherbereiche zunächst erst einmal recht breit zu sein. Es reicht von Industrie und Landwirtschaft über Verkehr und Handel bis zu Bauen und Wohnen, also zu den Haushalten. Weil bei so gut wie allen diesen Verrichtungen Energie verbraucht wird, sind alle am Ausstoß von Kohlendioxid beteiligt. Einige Bereiche jedoch geben weitere Treibhausgase ab, die ebenso effizient wie CO₂ wirken und die Abgabe von Wärmestrahlen ins All verhindern, die normalerweise am Wasserdampf noch vorbei kommen. Dies sind Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und die Gruppe der fluorierten Treibhausgase. Letztere sind industriell hergestellte Gase, die zum Beispiel in Klimaanlagen zum Einsatz kommen. Methan ist ein Beiprodukt der Öltraffination, es entsteht auch bei organischen Zersetzungsprozessen unter anderem in der Landwirtschaft (Kühe, Reisfelder) sowie in Sümpfen und Feuchtgebieten. Es ist zudem als Grubengas bekannt. Rund 60 Prozent des Treibhausgasaufkommens ist auf menschliche Aktivitäten zurück zu führen. Das Narkosemittel Lachgas ist ebenfalls ein Abprodukt intensiver Landwirtschaft. Die fluorierten Treibhausgase (FKW) sind zwar weltweit geächtet. Sie halten sich jedoch noch jahrelang in der Atmosphäre.

Der unauffälligste CO₂-Ausstoß im Haushalt steht mit der elektrischen Energie in Verbindung. Der Strom kommt schließlich aus der Steckdose, Erdöl, Erdgas und Kohle werden meist weit entfernt von den Siedlungen verbrannt. Zudem gibt es auch ande-

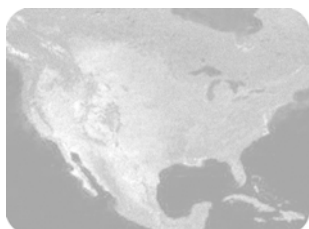




re Energieträger ohne oder mit klimaneutralem CO₂-Ausstoß, wie die traditionell genutzte Wasserkraft, die (wiederentdeckten) erneuerbaren Energien und die Kernkraft. Dabei ist zu betonen, dass die Atomkraft aus anderen Gründen hoch problematisch ist, weshalb Deutschland bereits den Ausstieg aus der Kernenergie beschlossen hat. Bei der elektrischen Energie gibt es noch viele Einsparpotentiale, deren Nutzung nur geringe oder gar keine Einschränkungen von Lebensqualität mit sich bringt. Gemeint sind zum Beispiel Leuchtkörper mit geringerem Verbrauch und der Verzicht auf so genannte Stand-by-Schaltungen wenigstens zu den Zeiten, zu denen die Geräte überhaupt nicht in Betrieb genommen werden sollen – bei Abwesenheit oder in der Nacht. Allein in Deutschland könnten zwei leistungsfähige Kraftwerke abgeschaltet werden, wenn Geräte nicht Stand-by sind!

Die größten CO₂-Schleudern im Haushalt sind die Autos. Nicht umsonst ist es vorgeschrieben, bei der Präsentation im Autohaus auf den CO₂-Ausstoß zu verweisen. Ob diese Zahl allein Einfluss auf die Kaufentscheidung nehmen kann (an der ja auch oft die Kinder der Familie aktiv beteiligt sind), ist jedoch mehr als fraglich. Um so wichtiger ist es, für das Problem des CO₂-Ausstoßes der Automobile zu sensibilisieren. Dies kann geschehen mit einem Vergleich der Emissionsanteile von Stromverbrauch, Heizung und Auto oder durch einen Vergleich der Verkehrsmittel.

Da die Heizung als ein gewichtiger Kostenfaktor gilt, ist die Motivation zum Sparen in diesem Bereich besonders stark. Hier wird für jeden Haushalt besonders deutlich, dass Geld sparen in enger Verbindung mit Klimaschutz stehen kann. Große Effekte sind nicht nur vom effektiven Heizen und Lüften mit vorhandenen Anlagen zu erwarten. Noch mehr bringen der Umstieg auf modernere Technologien und Isolierung von Wänden und Fenstern. Am zukunftsfähigsten ist es jedoch, von vorn herein ein Energiespar- oder Nullenergiehaus zu bauen. Hier verbinden sich zudem Fragen des Klimaschutzes mit Raumhygiene, Gesundheit und Wohlfühlen in den eigenen vier Wänden.





3.3.2. Verlaufsvorschlag

Zur Einleitung wird am besten noch einmal auf Arbeitsblatt 2 (Treibhauseffekt) zurückgegriffen. Auf diesem wird erwähnt, dass es neben Kohlendioxid (und Wasserdampf) weitere Treibhausgase gibt, ohne dass diese benannt worden wären.

1. Schritt

Im Unterrichtsgespräch wird zusammen getragen, welche Treibhausgase noch von Belang sind. Sollten dabei schon Quellen benannt werden, können auch diese Informationen an der Tafel und im Heft notiert werden.

2. Schritt

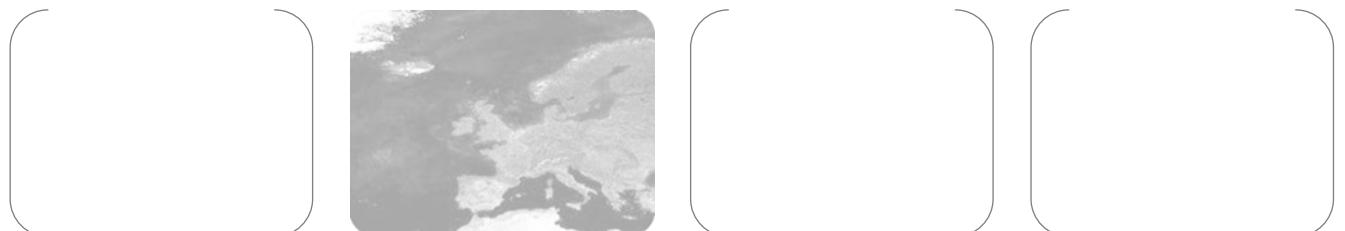
Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich in Partnerarbeit mit Arbeitsblatt 11. Dabei sollen sie auch zu der Erkenntnis gelangen, dass der Ausstoß von Treibhausgasen in den fünf Nicht-Haushalt-Bereichen doch mit den Haushalten in Verbindung steht.

3. Schritt

Die Blätter 12 bis 14 werden nach eingehender Einführung und Erklärung als Hausaufgabe bearbeitet. Die Schülerinnen und Schüler tragen dort die nötigen Informationen zum Verbrauch zusammen und errechnen die CO₂-Emissionswerte. In der darauf folgenden Stunde werden die Ergebnisse ausgewertet. Dabei geht es aber nicht um einen Vergleich zwischen den Haushalten der Schülerinnen und Schüler.

4. Schritt

Versuchsgegenstand für das Thema Heizen und Lüften ist zunächst einmal das Klassenzimmer. An diesem Beispiel wird das Einsparpotential errechnet, bevor die eigentliche Messarbeit dann wieder als Hausaufgabe gestellt wird. Möglich ist auch, dass die Schülerinnen und Schüler erst einmal ohne Arbeitsblatt die entsprechenden Temperaturen zu Hause messen und dass dann im Unterricht mit diesen Werten weitergearbeitet wird.





3.3.3. Materialien

- Arbeits- und Infoblätter 11 bis 15
- Computer mit Internet-Anschluss
- Thermometer
- Strommessgerät
- Energiekostenabrechnung





3.3.4. Lösungen zu den Arbeitsblättern

Arbeitsblatt 11 – Welche Treibhausgase gibt es und wo entstehen sie?

1. CO₂
2. Energie/Industrie; Landwirtschaft; Verkehr; Handel; Haushalt; Bau
3. Methan – Landwirtschaft; Energie/Industrie
Lachgas – Landwirtschaft
Kohlendioxid – alle Bereiche
Fluorierte Treibhausgase – Energie/Industrie; Handel; Haushalt

Arbeitsblatt 12 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Strom

Ergebnisse hängen von Daten der Schüler ab.

Arbeitsblatt 13 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Auto

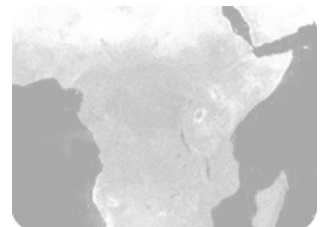
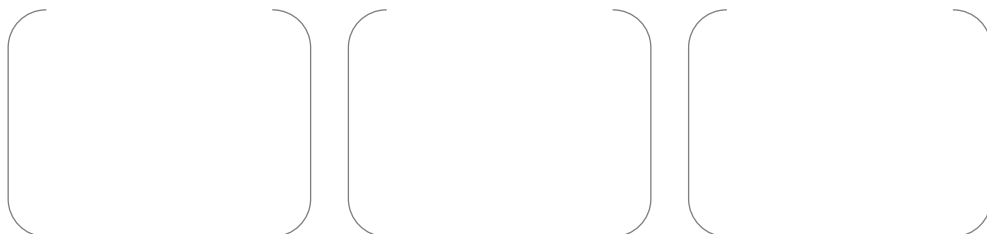
Ergebnisse hängen von Daten der Schüler ab.
Beachte: Einheiten (z. B. l/100 km) in die Berechnung einbeziehen!

Arbeitsblatt 14 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Heizung

Ergebnisse hängen von Daten der Schüler ab.

Arbeitsblatt 15 – Energie sparen im Schlaf

Ergebnisse hängen von Daten der Schüler ab.
4. recht – links – links – rechts





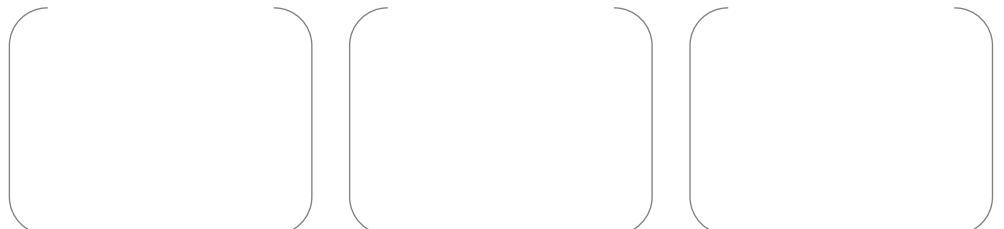
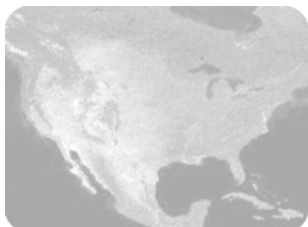
3.4. Ländergruppen

3.4.1. Einführung

So wie die Folgen des globalen Klimawandels in den verschiedenen Weltregionen unterschiedliche Auswirkungen haben, ist auch der Beitrag der Regionen und der einzelnen Länder höchst unterschiedlich. Da gibt es ein Land, das allein fast ein Viertel des CO₂-Ausstoßes zu verantworten hat (USA), während viele andere in der Statistik nur im Promille-Bereich auftauchen. Unterschiedliche Lebensstile stehen mit Unterschieden im Energieverbrauch in Verbindung – und umgekehrt.

Im Gegensatz zu Pflanzen und Tieren hat der Mensch keinen artspezifischen Umgang mit Energie und keine fixierte Energiebilanz. Seine Geschichte zeigt, beginnend mit der Entdeckung des Feuers, große Differenzen im jeweiligen Energiebedarf pro Individuum. So gilt als ein wichtiger Grund für die Verlagerung der Machtzentren im Mittelalter aus dem Mittelmeerraum in Gebiete nördlich der Alpen der dortige Reichtum an Wäldern und Gewässern, der damals nutzbaren Energiequellen. Die in Hinblick auf den CO₂-Ausstoß des Menschen wichtigste historische Zäsur setzt die Industrialisierung. Sie fand zwischen 1780 und 1880 in Europa und Nordamerika statt und zog die Nutzung von fossilen Brennstoffen wie Kohle, Erdöl und Erdgas in ungekanntem Ausmaß nach sich. In manchen Regionen der Erde ist die Industrialisierung bis heute nicht abgeschlossen, teilweise hat sie sogar erst begonnen.

Um die ökologischen Folgen der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungsstrukturen der unterschiedlichen Länder zu verdeutlichen, haben Wissenschaftler sie mit Hilfe einer Clusteranalyse in Gruppen zusammengefasst. Die Clusteranalyse ist ein statistisches Klassifizierungsverfahren, das die Untersuchungseinheiten, also die Länder, aufgrund ihrer Merkmalsausprägungen in Gruppen (Cluster) zusammenfasst. Länder innerhalb eines Clusters sollen dabei möglichst ähnlich, Länder in verschiedenen Clustern möglichst verschieden sein. Statistische Grundlagen waren die Zustandsgrößen und die (erwarteten) Wachstumsraten der CO₂-Emissionen pro Kopf, der Kohlenstoffintensität, der Energieintensität und der Arbeitsproduktivität. Heraus kamen sechs Ländergruppen, deren Einordnung in Bezug auf Klimawirkungen vor allem den Größen von Kohlendioxidemissionen und Kohlenstoffintensität folgt (siehe Arbeitsblätter 16 und 17).



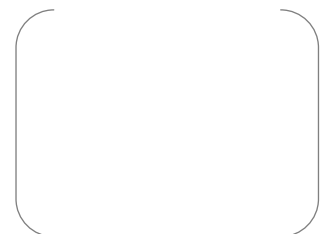
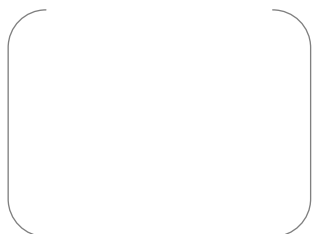


Kohlenstoffintensität beschreibt dabei das Verhältnis von CO₂-Ausstoß zu Primärenergieverbrauch; Energieintensität die Relation von Energieverbrauch und erwirtschaftetem Bruttoinlandsprodukt; Arbeitsproduktivität das Verhältnis von Bruttoinlandsprodukt zur Bevölkerungszahl. Die Wissenschaftler griffen dabei auf die Kaya-Formel zurück, benannt nach dem japanischen Energie-Ökonomen Yoichi Kaya. Er hatte den schon länger angewandten IPAT-Ansatz zur Beschreibung der Umweltwirkung menschlicher Aktivitäten konkretisiert. Der IPAT-Ansatz ging davon aus, dass die ökologischen Folgen menschlichen Handelns (Impact) ein Resultat aus Bevölkerungszahl (Population), dem Niveau des Umweltverbrauchs (Affluence) und der verwendeten Technologie (Technology) ist, also

$$\text{Impact} = \text{Population} \times \text{Affluence} \times \text{Technology}$$

Kaya hat diesen Ansatz in Bezug auf die Klimaproblematik konkretisiert. Die Verhältniszahlen machen wichtige sozio-ökonomische Einflussfaktoren auf die CO₂-Emissionen sichtbar. So sagt zum Beispiel die Kohlenstoffintensität etwas über den Energieträgermix des jeweiligen Landes aus. Die Energieintensität erlaubt Rückschlüsse auf die technologische Effizienz. Bei der Clusteranalyse der Länder schließlich lag auf diesen Werten das Hauptaugenmerk.

Einem anderen Ansatz zur Beschreibung und Ordnung der Länder folgt der Environmental Sustainability Index (Umweltindex Nachhaltigkeit). Er wird regelmäßig im Auftrag von Weltwirtschaftsforum und Europäischer Kommission von der Yale University und der Columbia University erstellt. Die Autoren der Studie bewerteten 21 Indikatoren wie Luft- und Wasserqualität, Umweltpolitik, CO₂-Ausstoß mit insgesamt 76 Variablen (zum Beispiel CO₂-Ausstoß pro erwirtschafteten Bruttoinlandsprodukt, CO₂-Ausstoß pro Kopf). Gewonnen hat – wie schon bei den ersten PISA-Studien – Finnland, Deutschland landete auf Rang 31, nur zwei Plätze vor Russland. Die Bundesregierung führte sogleich ins Feld, dass hier Äpfel mit Birnen verglichen würden. Im Vergleich mit anderen dicht besiedelten Ländern schnitt die Bundesrepublik nämlich deutlich besser ab – auf Platz zwei hinter Japan und noch vor den Niederlanden.





3.4.2. Verlaufsvorschlag

Zur Einführung wird auf die Ergebnisse von Arbeitsblatt 10 (Betroffenheit der Kontinente) zurückgegriffen. Die Lehrkraft verweist darauf, dass der Beitrag der Regionen zum Klimawandel genauso unterschiedlich ist wie die damit verbundenen regionalen Folgen.

1. Schritt

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich individuell mit Arbeitsblatt 16. Die Ergebnisse werden im Unterrichtsgespräch verglichen und diskutiert. Anschließend tragen sie mit Hilfe von Atlanten und Weltkarten weitere Beispiele zusammen.

2. Schritt

Im Unterrichtsgespräch wird geklärt, mit welcher Formel der CO₂-Ausstoß pro Kopf und Jahr auf Grundlage der vorliegenden Daten errechnet werden kann. Anschließend rechnen die Schülerinnen und Schüler individuell. Die Ergebnisse werden in der Klasse ausgewertet, um sicher zu gehen, dass alle mit denselben Werten weiter arbeiten.

3. Schritt

Die Schülerinnen und Schüler machen sich mit der Kaya-Formel vertraut und bearbeiten dann in drei Gruppen Aufgabe 3 auf Blatt 17. Auf Grundlage der Ergebnisse wird zu Blatt 18 übergeleitet. Die drei Gruppen übernehmen jeweils zwei Ländergruppen und ordnen die Visitenkarten zu.

4. Schritt

Im Anschluss zeigen die Schülerinnen und Schüler Finnland. Je nach Präsenz des Themas wird auf den Erfolg des Landes bei den PISA-Studien verwiesen. Dann hebt die Lehrkraft hervor, dass Finnland auch ganz oben steht, wenn es um die Umwelt geht. Im Unterrichtsgespräch wird versucht zu klären, ob es Zusammenhänge zwischen der Platzierung im Umweltindex Nachhaltigkeit und der Zugehörigkeit zu den Ländergruppen gibt. Dabei wird besonders auf die Platzierung Deutschlands verwiesen.



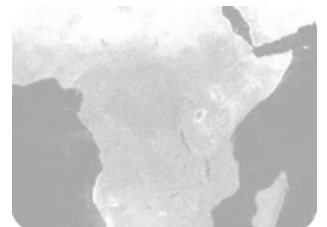
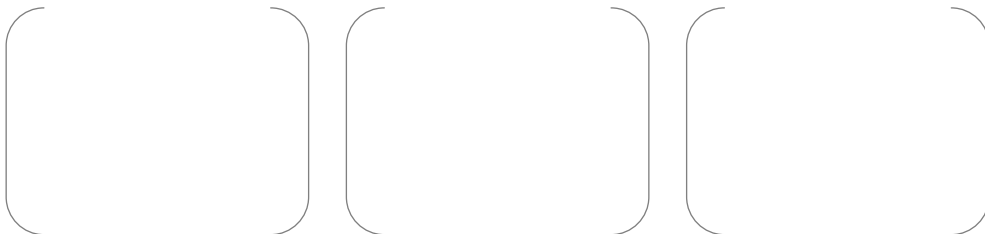


5. Schritt

Die Schülerinnen und Schüler recherchieren in Gruppen die Fakten zu den auf Blatt 20 aufgeführten Ländern. Dies kann auch als Hausaufgabe gestellt werden. Im Unterricht werden die Daten dann abgeglichen, damit alle eine komplette Tabelle haben. Abschließend wird über Besonderheiten der Länder diskutiert.

3.4.3. Materialien

- Arbeits- und Infoblätter 16 bis 20
- Computer mit Internet-Anschluss
- Weltkarten
- Magnete, Pins o. ä.
- Lexikon, Weltalmanach o. ä.





3.4.4. Lösungen zu den Arbeitsblättern

Arbeitsblatt 16 – Ländergruppen

2. I – Kenia; II – Brasilien, III – China, IV – Russland, V – USA,
VI – Deutschland

Arbeitsblatt 17 – Die Kaya-Identität

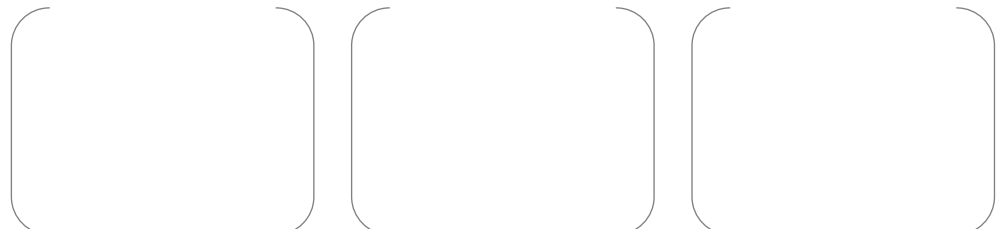
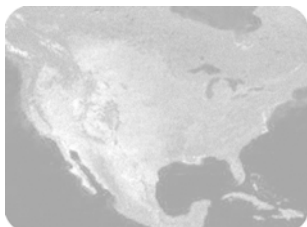
1. CO₂-Ausstoß pro Kopf/pro Jahr (gerundet auf eine Stelle nach dem Komma)
 - USA = 5,4 Mio t
 - China = 0,7 Mio t = 700.000 t
 - Russland = 2,9 Mio t
 - Deutschland = 2,8 Mio t
 - Brasilien = 0,5 Mio t = 500.000 t
 - Kenia = 0,09 Mio t = 90.000 t
2.
 - arme Länder (Kenia, Brasilien) haben einen deutlich geringeren CO₂-Ausstoß/Kopf/Jahr als reichere Industrie-Staaten (Deutschland, Russland oder USA)
 - reichere Länder leben „verschwenderischer“, gerade die USA ist dafür ein Beispiel
 - Länder, die auf Energie/-quellen zugreifen können, tun dies auch in umfangreichem Maße
 - entscheidend ist auch die Bevölkerungsdichte

Arbeitsblatt 18 – Visitenkarten Energie und Wirtschaft

Reihenfolge auf dem Blatt: 4, 2, 6, 5, 1, 3

Arbeitsblatt 19 – Länder kommen in die Charts

- III. Aufsteigende kohlenstoffhungrige Kleinemittenten (gelb): 3. Uruguay, 9. Argentinien
 V. Reiche kohlenstoffhungrige Spitzenemittenten (grau): 6. Kanada
 VI. Reiche entkarbonisierte Mittelemittenten (blau): 1. Finnland, 2. Norwegen, 4. Schweden, 5. Island, 7. Schweiz, 10. Österreich;
 Länder, für die bislang keine weitere Daten vorhanden sind: 8. Guyana, 145. Taiwan, 146. Nordkorea
 Es gibt keine direkten Zusammenhänge.





3.5. Erneuerbare Energien

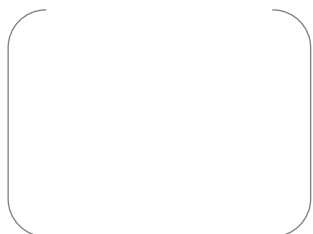
3.5.1. Einführung

Mit seiner Abhängigkeit von fossilen Energieträgern hat der Mensch gleich zwei große Probleme: Die Verbrennung führt zu einer Steigerung des CO₂-Gehalts der Atmosphäre, zu Erderwärmung und Meeresspiegelanstieg. Und die fossilen Brennstoffe sind in ihrer Menge begrenzt, nach dem gegenwärtigen Stand können sie noch höchstens bis zum Ende des kommenden Jahrhunderts ausgebeutet werden. Es steht also außer Frage, dass Alternativen gesucht bzw. weiterentwickelt werden müssen. Das Engagement von Grünen-Politikern in dieser Hinsicht wird in konservativen Kreisen gern belächelt. Doch es sind längst nicht mehr nur die Umweltschützer, die sich für erneuerbare Energien stark machen. Selbst namhafte Ölkonzerne stecken viel Geld in die Forschung.

Die Unterrichtseinheit setzt bei Fragen der Gerechtigkeit an. Noch ist der Pro-Kopf-CO₂-Ausstoß Chinas weniger als ein Drittel so groß wie Deutschlands und etwa ein Siebtel der USA. Aber warum sollten sich ausgerechnet die Chinesen einschränken und dabei bleiben? Warum sollten sie schlechter leben als die Deutschen oder die Amerikaner? Warum sollte nicht auch jeder zweite Chinese ein Auto haben? Eine Lösung kann darin liegen, dass Energiequellen genutzt werden, die die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre nicht noch mehr erhöhen.

Weitgehend unumstritten ist die Sonnenenergie. Sie ist sogar in Ländern nutzbar, in denen nicht ständig die Sonne scheint, wie zum Beispiel in Deutschland. Photovoltaik-Anlagen liefern auch bei bewölktem Himmel Strom. Zudem ist ein dezentraler Einsatz möglich, jeder Privathaushalt, jede Schule, jeder Betrieb können Solarzellen oder Sonnenkollektoren auf dem Dach haben und Strom bzw. Wärme nutzen. Wird darauf schon beim Bau eines Hauses Rücksicht genommen, ist zudem eine passive Solarnutzung möglich. Lediglich solarthermische Kraftwerke benötigen sonnenintensive Standorte in Äquator-Nähe.

Sehr präsent, weil weithin sichtbar, sind Windkraftwerke. Vor allem in flachen Landschaften stehen sie in mehr oder weniger großen Gruppen, den so genannten Windparks. Die anfängliche Begeisterung über die Wiederentdeckung der „Windmüh-





len“ ist aber längst Skepsis, wenn nicht gar breiter Ablehnung gewichen. Selbst Naturschützer stellen sich mittlerweile quer, wenn es zum Beispiel um Off-Shore-Parks geht, die im Meer errichtet werden sollen. Vor allem während der Bauphase ist mit negativen Auswirkungen auf die betroffenen Lebensräume zu rechnen. Doch auch an Land haben es die Windparks zunehmend schwer. Die Rotoren machen Lärm, sie laufen nur bei mittleren Windgeschwindigkeiten und die „Parks“ sind auch nicht immer schön anzusehen.

Das unscheinbare Wort „Biomasse“ umfasst ein breites Spektrum von Brennstoffen. Das sind zum einen Nebenprodukte und Abfälle sowie Ernterückstände, also Stoffe, die ohnehin anfallen, und die bisher ungenutzt auf Deponien landen. Zum anderen können schnell wachsende Energiepflanzen gezielt angebaut und verarbeitet werden. Recht bekannt ist schon der Biodiesel, der aus Rapsöl gewonnen wird. Weitere Experimente mit Kraftstoffen dieser Art laufen. Auch Chinaschilf, Klärschlamm und sogar Stroh gehören zu den nachwachsenden Energieträgern. Sie können teils direkt genutzt, also verbrannt, werden. Teils müssen sie noch mit mehr oder weniger aufwändigen Verfahren in praktikable Brennstoffe umgewandelt werden.

3.5.2. Verlaufsvorschlag

Die Einheit setzt bei den Unterschieden zwischen den Ländern an. Sie kann also mit der vorhergehenden verknüpft werden, auch wenn die Themen scheinbar nicht so viel miteinander zu tun haben.

1. Schritt

Die Schülerinnen und Schüler rechnen aus, um wie viel der CO₂-Ausstoß der sechs Beispielstaaten steigen würde, wenn alle einen Pro-Kopf-Ausstoß wie die USA oder wie Katar hätten. Sie diskutieren die Frage, wer sich künftig einschränken soll – die, die ohnehin wenig ausstoßen oder die, die bisher viel ausstoßen. Was wäre, wenn jeder zweite Chinese (mittlerweile 1,3 Milliarden Einwohner) ein Auto hätte so wie jeder zweite Deutsche? Die Diskussion sollte von der Lehrkraft zur Möglichkeit der Lösung des Problems mit Hilfe von erneuerbaren Energien geführt werden.





2. Schritt

Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich in vier Gruppen mit den Techniken der Sonnenkraftnutzung. Anschließend tragen die Gruppen ihre Ergebnisse vor. Die Recherche in der Region kann als Hausaufgabe gestellt werden, ist aber auch am Rande einer Gruppen-/Klassen-Exkursion realisierbar.

3. Schritt

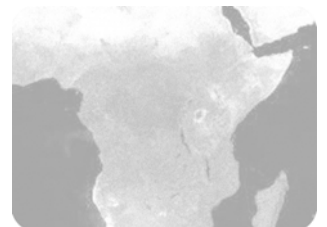
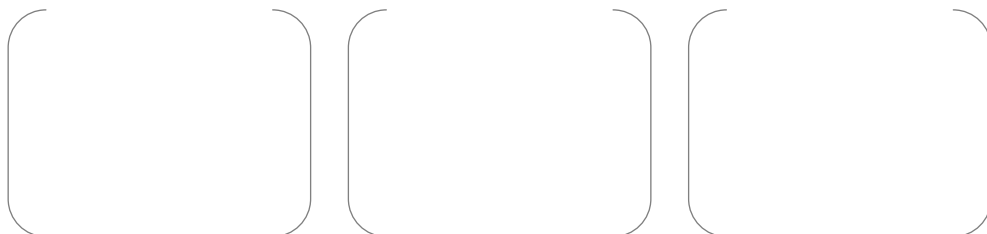
Eindrucksvoll könnte eine Exkursion zu einer Biomasse-Anlage in der Nähe sein. Alternativ ist auch die Rezeption einer Video-Dokumentation möglich. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten dann in Kleingruppen/Partnerarbeit die Aufgaben 1 und 2 auf Blatt 24. Sehr wichtig ist dann die Diskussion zu Frage 3 in der Klasse.

4. Schritt

„Der große Energietest“ auf Blatt 25 dient der Evaluation der Arbeit mit diesem Unterrichtsmaterial. Die Schülerinnen und Schüler beschäftigen sich in vier oder acht Gruppen mit je einem oder zwei Energieträgern. Sie recherchieren die Fakten und bewerten sie auf Grundlage des Gelernten.

3.5.3. Materialien

- Arbeits- und Infoblätter 20 bis 25
- Computer mit Internet-Anschluss
- als Ergänzung: Experimentierkasten erneuerbare Energien
- als Ergänzung: Video-Dokumentation Biomasse-Anlage





3.5.4. Lösungen zu den Arbeitsblättern

Arbeitsblatt 21 – Energie ohne Ende

Land	CO ₂ -Ausstoß in Mio. t (Rang)	t pro Kopf (Rang)	Faktor zu 5,4 t/Kopf	CO ₂ -Ausstoß bei 5,4 t/Kopf	CO ₂ -Ausstoß bei 16 t/Kopf
USA	1.572,6 (1)	5,4 (5)	1,00	1.572,6 Mio. t	4.659,6 Mio. t
Russland	420,4 (4)	2,9 (21)	1,86	782,8 Mio. t	2.319,4 Mio. t
Deutschland	228,6 (7)	2,8 (22)	1,93	440,9 Mio. t	1.306,3 Mio. t
China	948,0 (3)	0,7 (87)	7,71	7.313,1 Mio. t	21.668,6 Mio. t
Brasilien	89,5 (17)	0,5 (99)	10,8	966,6 Mio. t	2.864,0 Mio. t
Kenia	2,8 (91)	0,1 (150)	54,0	151,2 Mio. t	448,0 Mio. t
Summe	3.261,9			11.227,2 Mio. t	33.265,9 Mio. t

(Quelle: <http://cait.wri.org>, Zahlen von 2000)

Arbeitsblatt 22 – Klar: Die Sonne

2. Photovoltaik, Solarthermische Kraftwerke, Sonnenkollektor, indirekte Nutzung

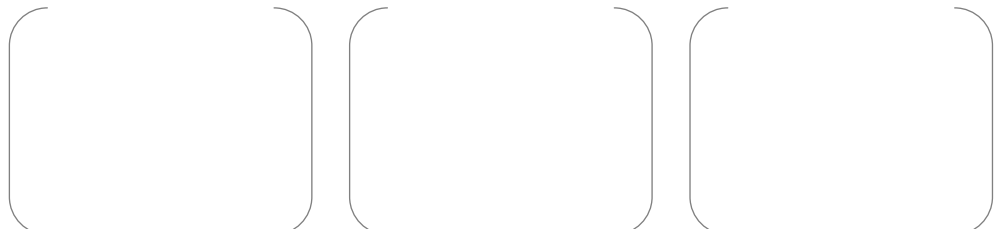
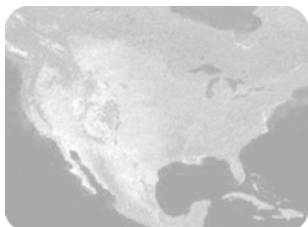
Arbeitsblatt 23 – Umstritten: Der Wind

- Vorteile von Windenergie:
- saubere Energiegewinnung, emissionsfrei
 - Unabhängigkeit von Importen
 - Wirtschaftsfaktor in Deutschland

- Nachteile:
- geringer Wirkungsgrad
 - Wartungskosten der Anlage
 - optische Beeinträchtigung
 - Lärm
 - mittlere Windstärken erforderlich

Arbeitsblatt 24 – Geheimnisvoll: Biomasse

- Energiepflanzen: Raps, Chinaschilf; Ernterückstände: Stroh, Heu, Waldrestholz;
Nebenprodukte/Abfälle: Gülle, Klärschlamm, Altholz, Industrieholz, Altfett





Arbeitsblätter

() () () ()



I. Ursachen des Klimawandels

- Arbeitsblatt 1 – Das Klimasystem
- Arbeitsblatt 2 – Der Treibhauseffekt
- Arbeitsblatt 3 – Der Kohlenstoffkreislauf
- Arbeitsblatt 4 – Der Geist aus der Flasche
- Arbeitsblatt 5 – CO₂ und Wasser

II. Die Klimaszenarien des IPCC

- Arbeitsblatt 6 – Mittlere globale Erdoberflächentemperaturen
- Arbeitsblatt 7 – Die Klimaszenarien des IPCC
- Arbeitsblatt 8 – IPCC-Klimaprognosen bis 2100
- Arbeitsblatt 9 – Folgen des globalen Klimawandels
- Arbeitsblatt 10 – Betroffenheit der Kontinente

III. Verursacher des CO₂-Ausstoßes

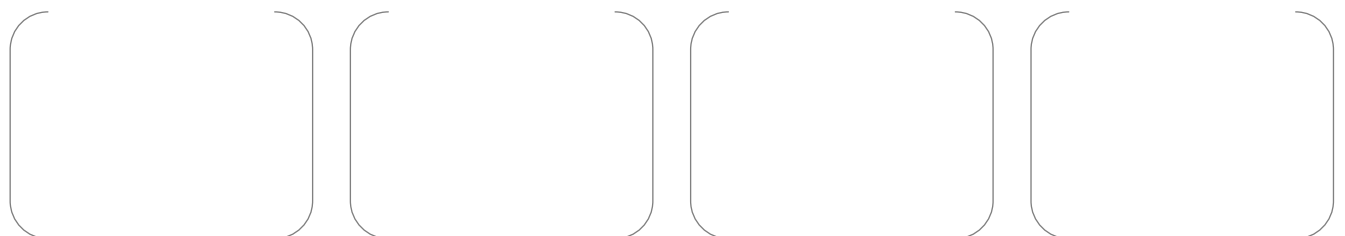
- Arbeitsblatt 11 – Welche Treibhausgase gibt es und wo entstehen sie?
- Arbeitsblatt 12 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Strom
- Arbeitsblatt 13 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Auto
- Arbeitsblatt 14 – CO₂-Ausstoß im Haushalt: Heizung
- Arbeitsblatt 15 – Energie sparen im Schlaf

IV. Ländergruppen

- Arbeitsblatt 16 – Ländergruppen
- Arbeitsblatt 17 – Die Kaya-Identität
- Arbeitsblatt 18 – Visitenkarten Energie und Wirtschaft
- Arbeitsblatt 19 – Länder kommen in die Charts
- Arbeitsblatt 20 – Äpfel und Birnen around the world

V. Erneuerbare Energien

- Arbeitsblatt 21 – Energie ohne Ende
- Arbeitsblatt 22 – Klar: Die Sonne
- Arbeitsblatt 23 – Umstritten: Der Wind
- Arbeitsblatt 24 – Geheimnisvoll: Biomasse
- Arbeitsblatt 25 – Der große Energie-Test





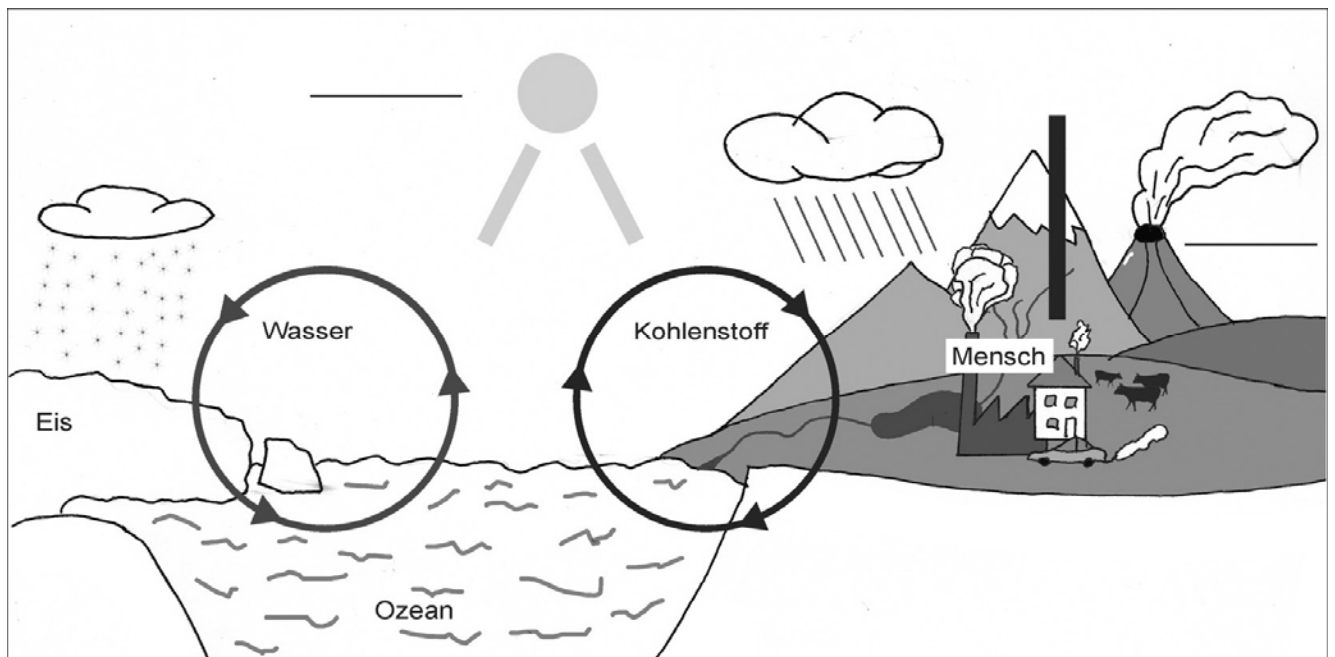
Das Klimasystem

Das Weltklima wird von vielen Einflüssen bestimmt. Für das bloße Auge sind meist nur die Wettererscheinungen sichtbar. Dazu kommen solche Faktoren, die man auf dem ersten Blick gar nicht mit dem Klima in Verbindung bringen würde.

Wir haben es mit einem ganzen **Klimasystem** (siehe Abb.) zu tun, dass aus mehreren Einzelteilen, also Untersystemen besteht. Das sind:

- die Lufthülle der Erde (Atmosphäre);
- Ozeane, Flüsse, Seen, Regen und Grundwasser (Hydrosphäre);
- Gletscher, Schnee und Dauerfrostböden (Kryosphäre);
- Erdreich (Pedosphäre) sowie Erdkruste und oberer Erdmantel;
- Pflanzen und Tiere im Wasser und auf dem Land (Biosphäre);
- der Mensch gehört eigentlich zur Biosphäre, aber wir erwähnen ihn mal extra.

Die Untersysteme sind durch Wechselwirkungen miteinander verknüpft. Wichtigste Kreisläufe sind der Wasserkreislauf und der Kohlenstoffkreislauf.



Natürliche Einflüsse auf das Klima	Einflüsse des Menschen

1. Welcher Hauptimpuls setzt das Klimasystem in Gang, woher bekommt es seine natürliche Energie? Tragt die Bezeichnung links oben ein! Ergänzt die dazugehörigen Richtungspfeile!
2. Welchen zweiten (und weitaus schwächeren) natürlichen Einfluss auf das Klimasystem könnt ihr erkennen? Tragt die Bezeichnung rechts ein!
3. In welche Richtung muss der Pfeil weisen, der den menschlichen Einfluss verdeutlicht? Ergänzt im Bild!
4. Fasst die natürlichen Einflüsse auf das Klimasystem in der linken Spalte der Tabelle zusammen. In der rechten Spalte tragt ihr zwei Beispiele für Einflüsse des Menschen ein!

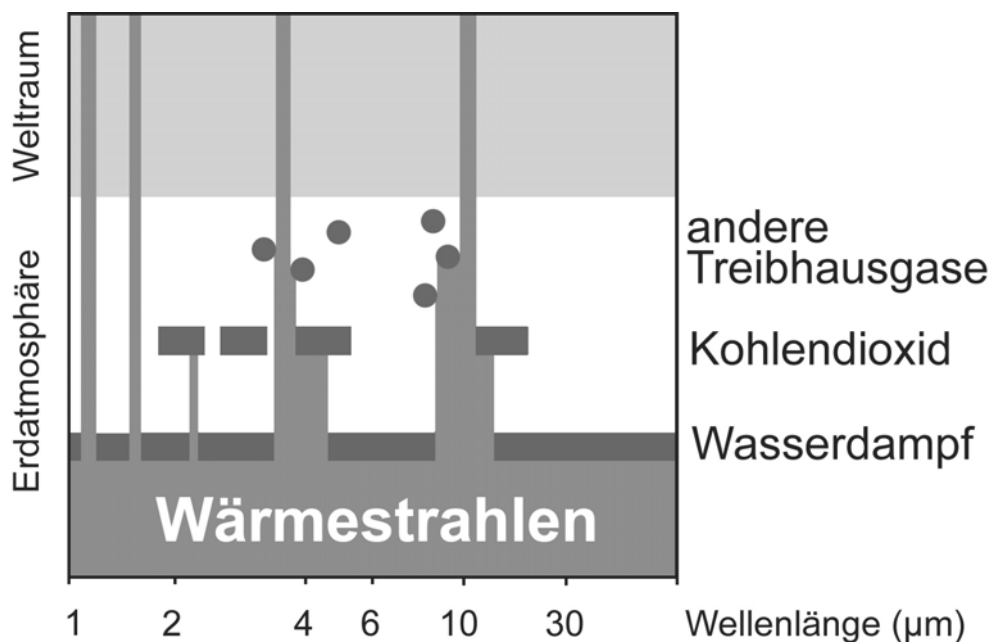


Der Treibhauseffekt

Das Klimasystem wird vor allem von der Energie der Sonne angetrieben. Doch was ist in der Nacht? Wo kommt die Wärme in den Teilen der Erde her, die gerade nicht der Sonne zugewandt sind? Oder anders gefragt: Was hält die Wärme so lange auf der Erde?

Richtig: Die Atmosphäre sichert Menschen und Tieren nicht nur die Luft zum Atmen, sie wirkt auch wie eine gläserne Glocke, die die Wärmestrahlen der Sonne herein lässt, aber nur teilweise wieder hinaus reflektiert – wie ein Gewächs- oder Treibhaus. Der Treibhauseffekt, von dem im Zusammenhang mit der Erderwärmung immer wieder gesprochen wird, ist also zunächst einmal eine gute Sache. Ohne ihn wäre die Erdoberfläche minus 18 Grad Celsius kalt und unbewohnbar. Mit Treibhauseffekt sind es im Durchschnitt (plus) 15 Grad.

Das mengenmäßig bedeutsamste Treibhausgas ist Wasserdampf. Er deckt auch das breiteste Spektrum der Wellenlängen der Wärmestrahlen ab, lässt aber noch einige große Lücken. Durch diese kann die Erde Wärme zurück in den Weltraum abstrahlen. Doch neben dem Wasserdampf sammeln sich Kohlendioxid und andere Gase in der Atmosphäre an. Sie schließen die verbliebenen Lücken und verstärken so den Treibhauseffekt.



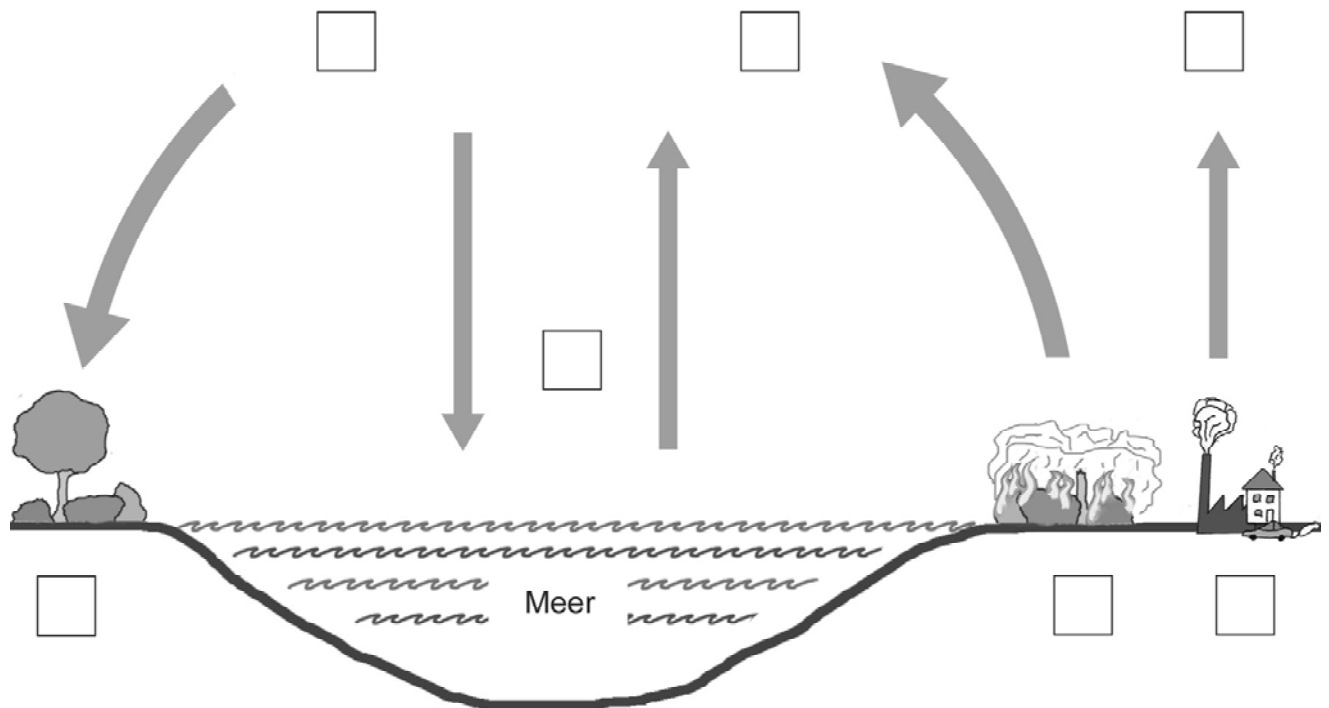
1. Kohlendioxid (CO_2) und andere Treibhausgase sind in der Atmosphäre viel schwächer konzentriert als Wasserdampf. Erklärt, warum sie trotzdem wirksamer, man sagt auch effizienter, sind!
2. Was geschieht wahrscheinlich, wenn die Konzentration von CO_2 und anderen Treibhausgasen in der Atmosphäre noch größer wird?
 - a) Die Atmosphäre kühlt aus. b) Die Temperatur verändert sich nicht. c) Die Atmosphäre heizt sich auf.



Der Kohlenstoffkreislauf

Der Wasserkreislauf (siehe Arbeitsblatt 1) ist leicht erklärt: Wasser verdunstet, in höheren Schichten der Atmosphäre kühlt sich der Wasserdampf ab und sammelt sich in Wolken. Aus denen fällt das Wasser dann wieder als Regen oder Schnee zur Erde.

Wie aber ist es mit dem Kohlenstoffkreislauf? Immerhin sind 99 Prozent des Kohlenstoffs auf der Erde in Gesteinen fest gebunden. Das verbleibende eine Prozent jedoch ist in Bewegung: In organischen Verbindungen, als Kohlendioxid in der Atmosphäre und aufgelöst im Wasser der Ozeane, Seen und Flüsse.



A – CO₂-Ausstoß durch Verbrennung und Verwesung von Biomasse

B – CO₂-Ausstoß des Menschen, vor allem durch Verbrennen von Erdöl, Erdgas und Kohle

C – Aufnahme und Abgabe von CO₂ durch die Weltmeere (siehe Arbeitsblätter 3 und 4)

D – Lebende Biomasse nimmt CO₂ auf

E – CO₂ in der Atmosphäre

1. Wie wird aus organischen Kohlenstoffverbindungen das gasförmige Kohlendioxid?
a) Verbrennung und Verwesung b) Photosynthese

2. Ordnet die Vorgänge im Kohlenstoffkreislauf der Zeichnung zu! Tragt die entsprechenden Buchstaben in die leeren Kästchen ein. Mehrfachnennungen sind möglich.

3. Wodurch wird das natürliche Gleichgewicht im Kohlenstoffkreislauf gestört?



Der Geist aus der Flasche

Grau ist alle Theorie! Deshalb zwischendurch ein kleines Experiment. Ihr könnt es am besten zu Hause durchführen.

Stellt zwei Flaschen Mineralwasser **mit** Kohlensäure in den Kühlschrank. Wenn sie durchgekühlt sind, holt ihr sie heraus, öffnet sie und zieht sofort Luftballons über die Flaschenhalse. Eine Flasche stellt ihr zurück in den Kühlschrank, die andere bleibt draußen.

Wartet, bis sich die Flasche außerhalb des Kühlschranks auf Zimmertemperatur erwärmt hat.

Was geschieht mit den Luftballons?

Der Luftballon auf der gekühlten Flasche:

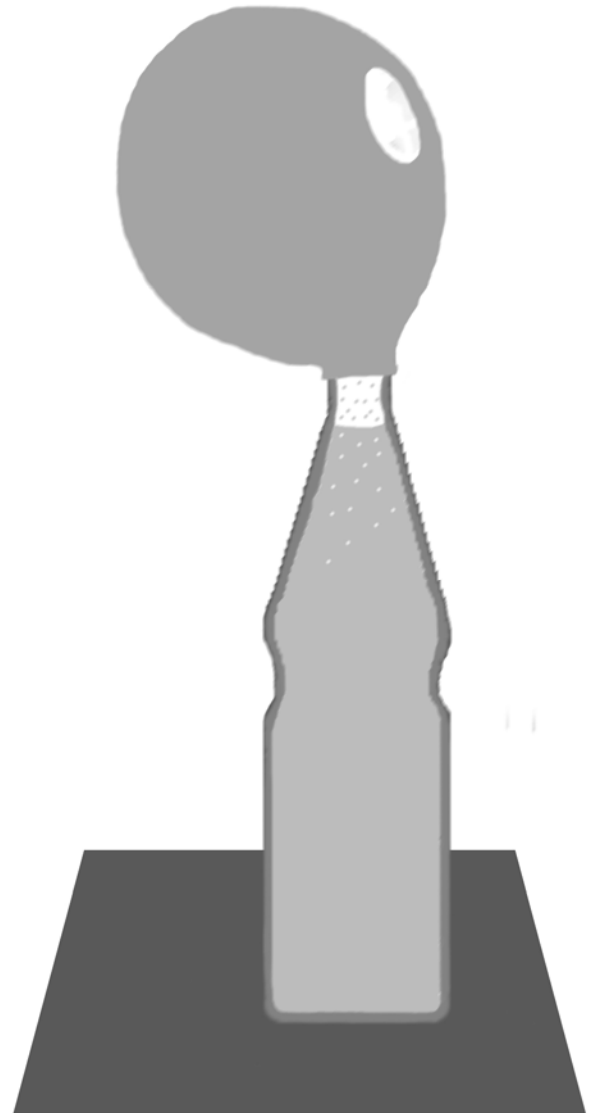
Der Luftballon auf der ungekühlten Flasche:

Gründe:

Chemische Gleichung:



Bedeutung für den Kohlenstoffkreislauf:



1. Beobachtet, was mit den Luftballons geschieht, und notiert Gründe für die Unterschiede!
2. Was wird eigentlich aus der Kohlensäure, wenn die Flasche geöffnet ist? Vervollständigt die chemische Gleichung!
3. Der mit der Gleichung beschriebene Prozess kann in beide Richtungen verlaufen. Welche Bedeutung hat das für den Kohlenstoffkreislauf?

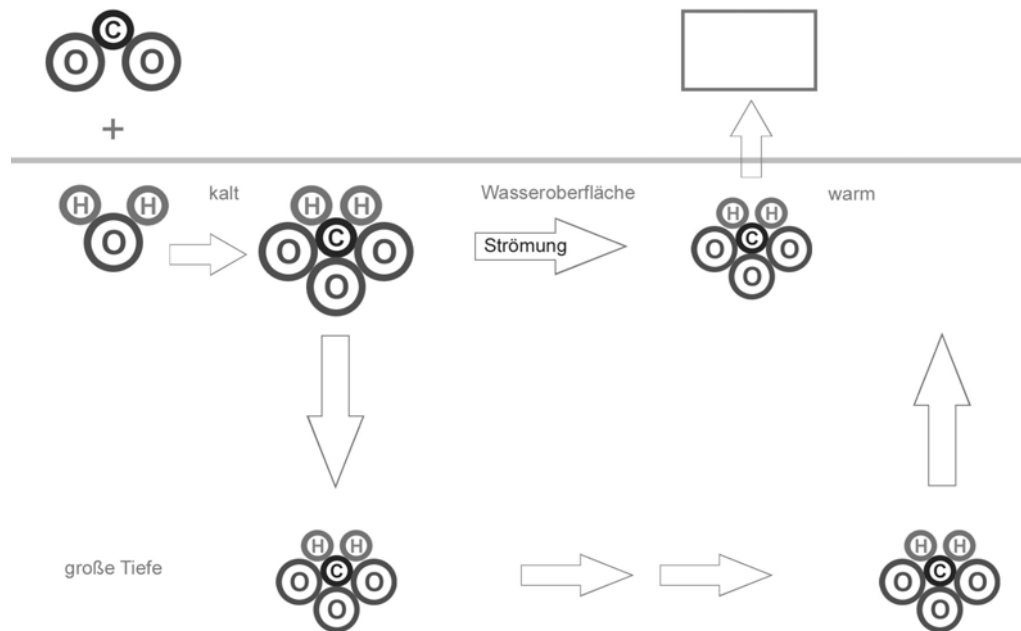


CO₂ und Wasser

Richtig! Wenn Kohlensäure unter bestimmten Bedingungen zu Wasser und Kohlendioxid zerfällt, wobei das Gas freigesetzt wird, können sich Kohlendioxid und Wasser auch wieder zu Kohlensäure verbinden. Das CO₂ wird sozusagen in Wasser gelöst. Im Salzwasser kommt es dabei zu weiteren chemischen Reaktionen. Deshalb können die Ozeane besonders viel CO₂ aufnehmen.

Das Experiment hat gezeigt, dass der Vorgang temperaturabhängig ist. Fasst eure Beobachtungen noch einmal in der Tabelle zusammen und zieht Schlüsse für die Aufnahme von CO₂ durch die Weltmeere! (Was nicht zutrifft, streicht ihr durch; was zutrifft, unterstreicht ihr.)

Temperatur \ CO ₂	CO ₂ -Freisetzung (beobachtet)	CO ₂ -Aufnahme (vermutet)
Kühlschranktemperatur (ca. 8 °C)	Es wird wenig / viel CO ₂ freigesetzt.	Es wird wenig / viel CO ₂ aufgelöst.
Zimmertemperatur (ca. 20 °C)	Es wird wenig / viel CO ₂ freigesetzt.	Es wird wenig / viel CO ₂ aufgelöst.



Wasserlöslichkeit von Kohlendioxid:

Ist das Wasser 0 °C kalt, lösen sich darin 3,48 g CO₂ pro Liter, bei einer Wassertemperatur von 25 °C sind es 1,45 g/l.

Betrachte das Schaubild!

Was geschieht, wenn das Wasser mit darin gelöstem Kohlendioxid in wärmere Gegenden strömt?

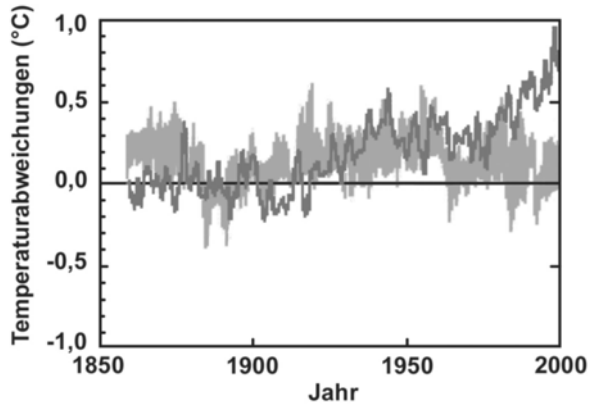
Was geschieht, wenn die Kohlensäure in große Tiefen absinkt?

1. Welche chemische Formel gehört in das freie Kästchen? Ergänzt das Schaubild!
2. Kann durch die Wasserlöslichkeit von CO₂ das Problem der zu hohen Konzentration des Treibhausgases in der Atmosphäre gleich mit gelöst werden?
 - a) ja, die Ozeane können unendlich viel CO₂ aufnehmen, b) nein, das CO₂ wird später wieder freigesetzt
3. Welche Folgen hat die Erderwärmung und die damit verbundene steigende Wassertemperatur für die CO₂-Aufnahmefähigkeit der Weltmeere?

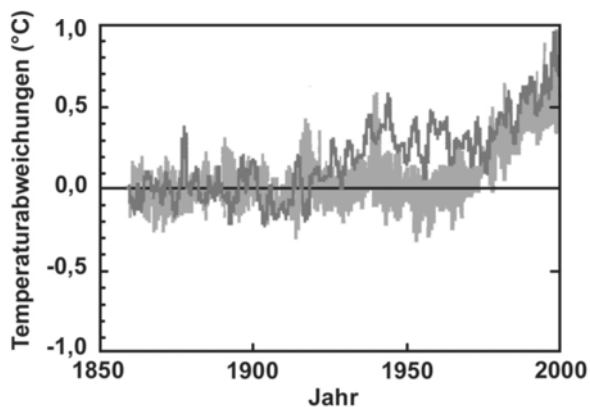


Mittlere globale Erdoberflächentemperaturen – Modell und Messungen

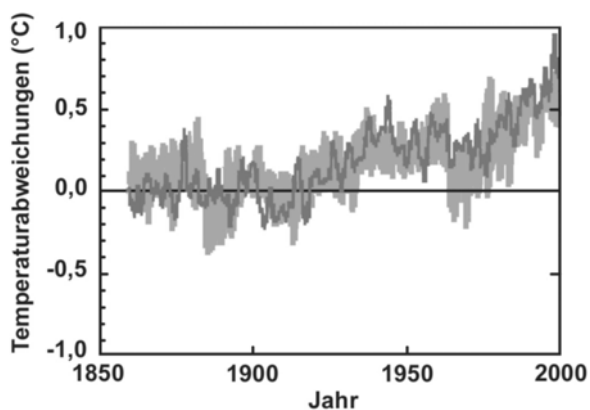
Wird der Temperaturanstieg auf der Erde vom Menschen verursacht oder ist es ein natürlicher Vorgang? Modellrechnungen des IPCC (Abk. für „Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung“) geben Aufschluss. Das breite graue Band zeigt jeweils die Ergebnisse der Berechnungen, die dunklere Linie die Temperaturmessungen (in allen gleich).



a) -----



b) -----



c) -----

gemessene Temperaturen
 Modellrechnungen

- Bei welcher Modellrechnung haben die Experten ausschließlich natürliche Ursachen zugrunde gelegt? Welche basiert auf den Einflüssen des Menschen, in welchem Diagramm sind beide Ursachengruppen miteinander kombiniert? Ergänzt die entsprechenden Bezeichnungen (z. B. „natürlich“, „anthropogen“, „beide“) auf dem Arbeitsblatt! Diskutiert dann die Ergebnisse in der Klasse – und korrigiert, wenn nötig!
- Warum stimmt die Modellrechnung, in der sowohl natürliche als auch anthropogene Ursachen miteinander kombiniert wurden, am besten mit den gemessenen Temperaturen überein?



Die Klimaszenarien des IPCC

Der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderung (IPCC) hat sich nicht nur mit dem Klima vergangener Jahre beschäftigt. Die Experten überlegten auch, wie sich das Klima in den kommenden rund 100 Jahren, also bis 2100 entwickeln könnte. Sie rechneten verschiedene Szenarien durch.

Dabei gingen sie der Frage nach, wie sich der Ausstoß von CO₂ und anderen Treibhausgasen entwickeln wird,

- wenn die Zahl der Menschen auf der Erde wächst oder schrumpft;
- wenn die Weltwirtschaft sehr schnell weiter wächst oder eher nicht so schnell;
- wenn die Weltregionen in ihrer Entwicklung enger zusammen rücken oder nicht;
- wenn Energie vor allem aus Öl und Kohle gewonnen wird oder aus erneuerbaren Energiequellen;
- wenn dank moderner Technologien immer weniger Material verbraucht wird?

Und wie werden sich demzufolge die Temperaturen auf der Erde verändern?

Für jeden Teil dieser großen Fragen gibt es verschiedene Antwortmöglichkeiten, so dass sich nicht nur ein Szenario ergeben hat. Am Ende waren es sechs Szenarien, die in vier Gruppen eingeordnet wurden.

A1: sehr rasches Wirtschaftswachstum, Weltbevölkerung wächst bis 2050 und geht dann wieder zurück, effizientere Technologien werden schnell eingeführt und Welt rückt enger zusammen. Das Szenario A1 hat drei Varianten, bestimmt durch die genutzte Energie: A1_{fossil} = hauptsächlich Öl und Kohle, A1_{neue} = erneuerbare Energiequellen, A1_{beide} = ausgewogene Nutzung beider Arten.

A2: die verschiedenen Welt-Regionen gehen ihre eigenen Wege, alles ist regional orientiert, die Weltbevölkerung wächst stetig an, Wirtschaftswachstum und technologische Entwicklungen vollziehen sich langsam.

B1: die Welt rückt enger zusammen, die wirtschaftlichen Strukturen wandeln sich, es wird weniger Material verbraucht, die Weltbevölkerung wächst bis Mitte des Jahrhunderts und geht dann zurück; globale Lösungen für wirtschaftliche, soziale und ökologische Fragen, mehr soziale Gerechtigkeit.

B2: eher lokale und regionale Lösungen für eine bessere Welt; wirtschaftliche Entwicklung auf mittlerem Niveau, weniger rascher technologischer Fortschritt, Umweltschutz und soziale Gerechtigkeit spielen eine große Rolle.

Der CO₂-Ausstoß und die CO₂-Konzentration steigen am stärksten in Szenario: _____

Der CO₂-Ausstoß und die CO₂-Konzentration steigen am wenigsten in Szenario: _____

1. Was vermutet ihr: Bei welchem Szenario steigen der CO₂-Ausstoß und die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre
 - a) am stärksten
 - b) am wenigsten an?

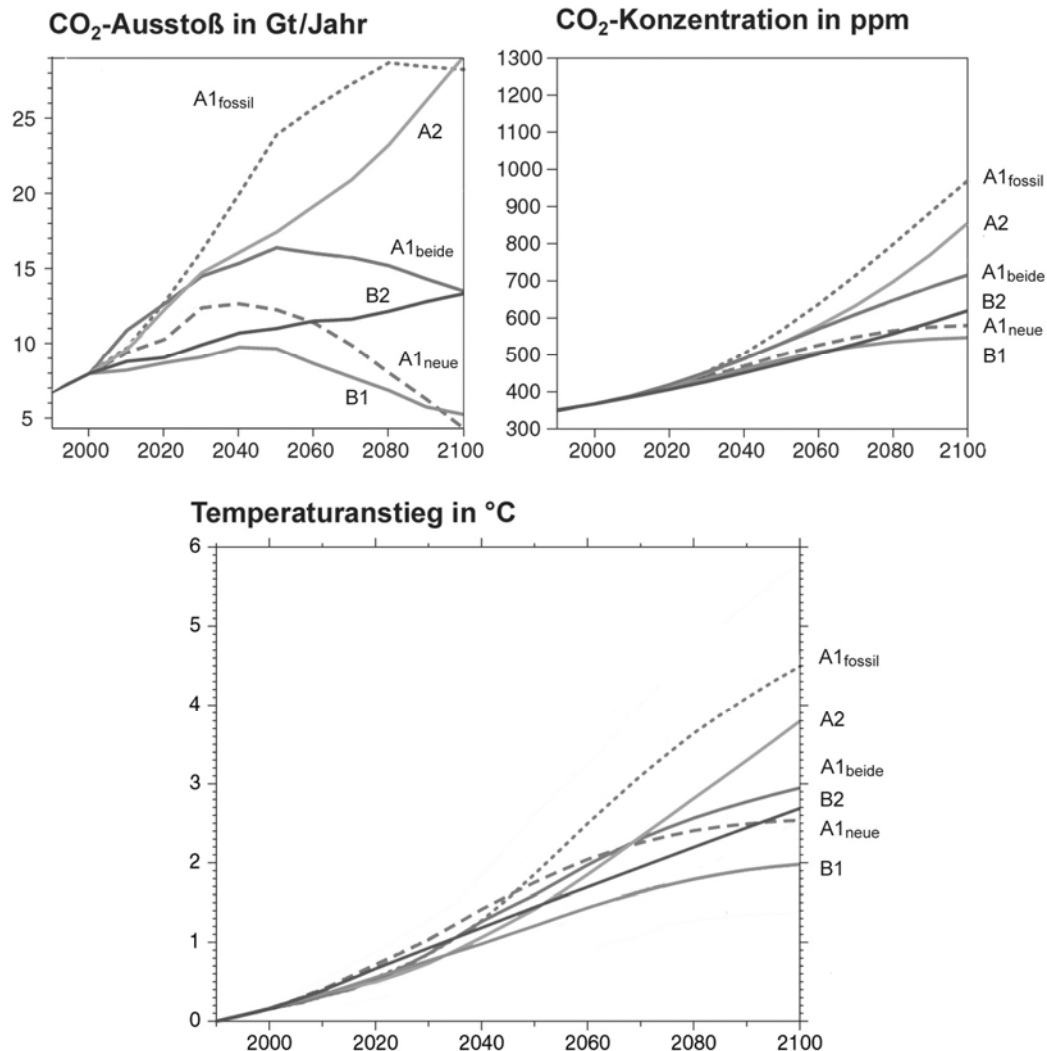
Achtet dabei vor allem auf hauptsächlich genutzte Energieträger und auf technologischen Fortschritt!

2. Vergleicht eure Vermutung mit den Diagrammen auf Arbeitsblatt 8!



IPCC-Klimaprognosen bis 2100

Die drei Diagramme stammen aus dem Bericht des IPCC. Sie zeigen, wie sich der CO₂-Ausstoß, die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und die Temperaturen auf der Erde den sechs Szenarien zufolge entwickeln werden.



Schlagzeilen:

2020: Der CO ₂ -Ausstoß steigt nur noch leicht an	Szenario ____
2040: Erneuerbare Energien setzen sich weltweit durch	Szenario ____
2050: Trendwende bei den CO ₂ -Emissionen	Szenario ____
2090: Vier Grad Celsius wärmer als vor 100 Jahren	Szenario ____

Meiner Meinung nach wird Szenario ____ eintreten, weil _____

1. Betrachtet die Kurven für den CO₂-Ausstoß auf der einen Seite und die Kurven für die CO₂-Konzentration und den Temperaturanstieg auf der anderen. Was fällt euch auf?
2. Ordnet den vier Schlagzeilen jeweils ein Szenario zu! Manchmal sind auch mehrere Antworten möglich.
3. Welches der Szenarien wird eurer Meinung nach am wahrscheinlichsten eintreten? Notiert eure Begründung! (Wenn der Platz nicht ausreicht, schreibt ihr auf der Rückseite des Blattes weiter.)



Folgen des globalen Klimawandels

Steigende CO₂-Konzentration in der Atmosphäre, steigende mittlere Temperatur auf der Erde, steigender Meeresspiegel – dies alles zieht weitere konkrete Folgen für Natur und Mensch nach sich. Welche genau, kann natürlich niemand vorhersagen. Es gibt aber eine Reihe von möglichen Auswirkungen, die mehr oder weniger wahrscheinlich sind. Auch sie wurden vom IPCC zusammengetragen und bewertet. Einige davon zeigt die Tabelle auf.

Veränderungen von Klimaphänomenen	Beispiele von sehr wahrscheinlichen Auswirkungen
mehr heiße Tage und Hitzewellen über fast allen Landmassen	mehr Todesfälle und ernsthafte Krankheiten verstärkter Hitzestress für Vieh und Wildtiere Verschiebung von Touristenzielen zunehmendes Schadensrisiko mancher Nutzpflanzen zunehmender Bedarf an elektrischer Kühlung
weniger Frosttage und Kältewellen	Abnahme kältebedingter Krankheits- und Sterberaten Sinkendes Risiko von Schäden für eine Anzahl von Nutzpflanzen und steigendes Risiko für andere einige Schädlinge und Krankheitsüberträger breiten sich stärker aus reduzierter Heizenergiebedarf
stärkere Regen- und Schneefälle	Zunahme von Schäden durch Überschwemmungen, Erdbeben und Lawinen zunehmende Bodenerosion einige Grundwasserspeicher sind besser gefüllt verstärkter Druck auf staatliche und private Überschwemmungs-Versicherungssysteme
zunehmende Trockenheit im Sommer, steigendes Dürre-Risiko	sinkende Ernteerträge zunehmende Schäden an Gebäudefundamenten sinkende Qualität und Quantität von Wasserressourcen steigendes Waldbrandrisiko
Zunahme der maximalen Windgeschwindigkeiten	stärkere Gefährdung von menschlichem Leben, Risiko von Infektionskrankheits-Epidemien und viele andere Risiken zunehmende Eigentums- und Infrastrukturverluste zunehmende Küstenerosion und Schäden an Küstenbauwerken zunehmende Schädigung von Küstenökosystemen wie Korallenriffen und Mangroven

1. Lest euch die Tabelle genau durch. Wird der Klimawandel ausschließlich negative Folgen haben?
2. Kennzeichnet positive und negative Auswirkungen mit verschiedenen Farben!
3. Welche Folgen könnten auf eure Region zutreffen? Hebt auch diese hervor!
4. Diskutiert, wie diese möglichen Auswirkungen euer Leben verändern würden!



Betroffenheit der Kontinente

Die hier ausgewählten zwölf möglichen Folgen des Klimawandels treffen auf Europa, Nordamerika, Asien und Afrika zu – je drei auf jeden Kontinent. Sie gelten als mittel- bis hochwahrscheinlich.

1	2	3
Getreideernten gehen zurück, Hunger breitet sich aus	Meeresspiegelanstieg und immer stärkere Wirbelstürme vertreiben einige Millionen Menschen aus tief liegenden Küstengebieten	Weniger verlässliche Schneebedingungen beeinflussen den Wintertourismus nachteilig
4	5	6
Gefahr durch Überschwemmungen nimmt zu mit Auswirkungen für Wohngebiete, Industrie und natürliche Lebensräume	Flüsse führen weniger Wasser, die Wasserverfügbarkeit nimmt im Norden und im Süden des Kontinents ab	Einige Nutzpflanzen werden von einer Erwärmung zunächst profitieren, später gehen die Vorteile wieder verloren
7	8	9
Der Meeresspiegelanstieg führt zu Überschwemmungen und mehr Sturmfluten, besonders an der Ostküste	Im Norden gibt es positive Auswirkungen auf die Landwirtschaft, im Süden und im Osten nimmt die Produktivität ab	Der Energiebedarf wächst, die touristische Anziehungskraft sinkt
10	11	12
Wachsende Bevölkerung und veränderte Landnutzung bedrohen die biologische Vielfalt	Einmalige natürliche Ökosysteme wie Präriefeuchtgebiete sind gefährdet, wirkungsvolle Anpassung ist unwahrscheinlich	Wüstenbildung wird verstärkt, speziell im Süden, Norden und Westen des Kontinents

1. Schneidet die zwölf Kärtchen aus.
2. Ordnet sie auf einer Weltkarte den Kontinenten zu! Notiert den Namen des Kontinents neben die Nummer!
3. Sind die Auswirkungen des Klimawandels überall gleich schwerwiegend oder sind die Kontinente unterschiedlich anpassungsfähig?

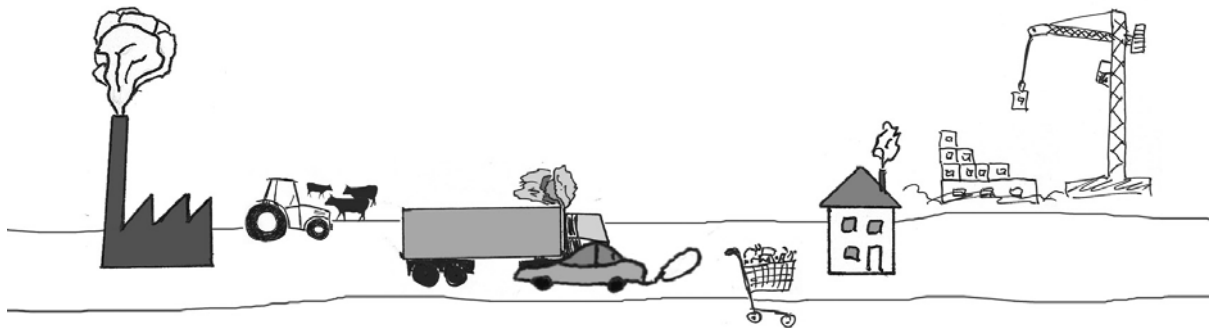


Welche Treibhausgase gibt es und wo entstehen sie?

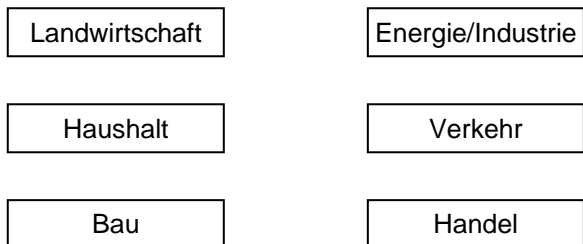
Weltall



Atmosphäre



--	--	--	--	--	--



Hinweis: Fluorierte Treibhausgase sind zum Beispiel Fluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe (H-FKW) und Schwefelhexafluorid (SF₆).

1. Welches wichtige Treibhausgas fehlt in dem Kästchen oben in der Mitte? Tragt den Namen und die chemische Formel ein!
2. Die Zeichnungen symbolisieren sechs Verursachergruppen. Ordnet die oben aufgeführten Begriffe zu!
3. Zeichnet mit farbigen Linien ein, welche Treibhausgase die sechs Bereiche verursachen! Beachtet dabei, dass manche Bereiche mehrere Treibhausgase ausstoßen. Recherchiert in Büchern und im Internet, wenn ihr etwas nicht zuordnen könnt!



CO₂-Ausstoß im Haushalt: Strom

Jeder Haushalt ist am Ausstoß von Kohlendioxid direkt und indirekt beteiligt. Gründe sind unter anderem Stromverbrauch und Heizung. Wie viel CO₂ dadurch ungefähr entsteht, lässt sich leicht ausrechnen.

Beim Strom muss man zum Beispiel nur wissen, wie groß der Verbrauch in einem Jahr ist (SV). Diese Zahl steht in der Stromrechnung des Versorgungsunternehmens. Zudem werden pro Kilowattstunde (kWh) durchschnittlich etwa 600 g CO₂ ausgestoßen ($se_{\text{strom}} = 0,6 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$).

Die Formel heißt also

$$Em_{\text{strom}} = SV \cdot se_{\text{strom}}$$

Ergebnis: $\left(Em_{\text{strom}} = \underline{\hspace{2cm}} \right)$

Natürlich muss jetzt keiner im Dunkeln sitzen, um den CO₂-Ausstoß zu verringern. Aber in vielen Haushalten verbrauchen eine Menge Geräte Strom, obwohl sie gerade gar nicht benutzt werden – sie warten im Stand-by oft stundenlang darauf, um dann für ein paar Minuten zu laufen.

Gerät	Zweck des Stand-by	Betrieb täglich in Stunden	Stand-by tägl. in Stunden	Verbrauch im Stand-by	Wie kannst du es ganz abschalten?
<i>Beispiel:</i> Fernsehgerät	bequem einschalten per Fernbedienung	ungefähr 2	ungefähr 22		Schalter oder Steckdosenleiste
Fernsehgerät					
Video/DVD					
Sat-Receiver					
Radio/CD					
Computer					
Drucker/Scanner					
Monitor					

Emissionen im Stand-by = Verbrauch im Stand-by • Stand-by-Zeit • se_{strom}

1. Erkundigt euch nach dem Stromverbrauch bei euch zu Hause im vergangenen Jahr. Errechnet mit dieser Zahl den dadurch verursachten CO₂-Ausstoß (Em_{strom}) in Kilogramm! Notiert das Ergebnis!
2. Tragt zusammen, welche Geräte eine Stand-by-Schaltung haben (einige Beispiele stehen schon in der Tabelle). Welchen Zweck hat das Stand-by, wie lange laufen die Geräte wirklich, wie kann man sie ganz abschalten? Ergänzt die Tabelle entsprechend!
3. Steht euch ein Messgerät zur Verfügung, dann messt den Verbrauch der einzelnen Geräte im Stand-by. Errechnet auf dieser Grundlage den CO₂-Ausstoß, der im Stand-by entsteht!



CO₂-Ausstoß im Haushalt: Auto

Die größten „CO₂-Schleudern“ im Haushalt sollen die Autos sein. Aber stimmt das wirklich?

Fragt Eltern und Geschwister, wie viele Kilometer ihr Auto im vergangenen Jahr gefahren ist und wie viel Benzin oder Diesel es auf 100 Kilometer verbraucht hat. Schreibt die Werte in die Tabelle. Notiert dazu, ob das Auto einen Ottomotor (Benzin) oder einen Dieselmotor hat, sowie den entsprechenden Emissionswert:

Dieselmotor: $se_{\text{Diesel}} = 2,63 \text{ kg CO}_2/\text{l}$

Ottomotor: $se_{\text{Otto}} = 2,32 \text{ kg CO}_2/\text{l}$

Auto	Kilometer pro Jahr	Verbrauch in l/100 km	Benziner/ Diesel	CO ₂ -Ausstoß pro Liter	CO ₂ -Ausstoß pro Jahr in kg	CO ₂ -Ausstoß pro km in kg
VW Golf	11.000	9,2	Benziner	2,32 kg/l	2.347,84	0,213
SUMME Em_{Auto}						

Übertrag auf Blatt 14:

$\left(Em_{\text{Auto}} = \underline{\hspace{2cm}} \right)$

Weitere Emissionswerte

Verkehrsmittel	CO ₂ -Ausstoß pro Passagier
Bus, Bahn	6 kg/100 km
Flugzeug, Inland	29 kg/100 km
Flugzeug, Mittelstrecke	22 kg/100 km
Flugzeug, Langstrecke	15 kg/100 km

1. Errechnet den jährlichen CO₂-Ausstoß des/der Autos in eurem Haushalt und addiert die Ergebnisse, sofern mehrere Autos vorhanden sind. Übertragt die Summe auf Blatt 14!
2. Rechnet den CO₂-Ausstoß **pro km** für jedes Auto aus!
3. Wie groß wäre der CO₂-Ausstoß gewesen, wenn eure Familie die gleiche Gesamtstrecke in dem Jahr mit Bus oder Bahn zurückgelegt hätte?
4. Errechnet den CO₂-Ausstoß auf eurer letzten Flugreise!



CO₂-Ausstoß im Haushalt: Heizung

Ähnlich wie beim Strom verhält es sich mit der Heizenergie. Auch hier multipliziert ihr die Verbrauchswerte mit dem durchschnittlichen Emissionswert. Allerdings werden die verschiedenen Brennstoffe in unterschiedlichen Einheiten berechnet – Heizöl in Liter, Gas in Kubikmeter (m³) und Fernwärme wie Strom in Kilowattstunden (kWh). Die Werte für den Wärmeverbrauch (WV) sind in der Abrechnung des Lieferanten oder des Versorgungsunternehmens zu finden.

Für die verschiedenen Brennstoffe gelten diese Emissionswerte:

Ölheizung: $se_{\text{Öl}} = 2,7 \text{ kg CO}_2/\text{l}$

Gasheizung: $se_{\text{Gas}} = 2 \text{ kg CO}_2/\text{m}^3$

Fernwärme: $se_{\text{Fern}} = 0,225 \text{ kg CO}_2/\text{kWh}$

Die Formel ist dann wieder

$$Em_{\text{Heizung}} = WV \cdot se_{\text{Heizung}}$$

Ergebnis:

$$\left(Em_{\text{Heizung}} = \underline{\hspace{2cm}} \right)$$

Kohlendioxid-Ausstoß pro Kopf und Jahr

CO ₂ -Quelle	kg CO ₂ /Jahr	Anzahl Personen	kg CO ₂ /Jahr pro Person
Stromverbrauch (Em_{Strom})			
Heizung (Em_{Heizung})			
Auto (Em_{Auto})*			
SUMME (Em_{Gesamt})			

* siehe Arbeitsblatt 13

Formel: _____

1. Erkundigt euch nach dem Wärmeverbrauch bei euch zu Hause im vergangenen Jahr. Errechnet mit dieser Zahl den dadurch verursachten CO₂-Ausstoß (Em_{Heizung}) in Kilogramm! Notiert das Ergebnis!
2. Überträgt die Emissionswerte eurer Familie von den Arbeitsblättern 12 und 13 und natürlich auch das Ergebnis auf diesem Blatt in die Tabelle! Ergänzt die Zahl der Personen, die in eurem Haushalt leben, und errechnet den Kohlendioxid-Ausstoß pro Kopf und Jahr! Erschließt die dafür geeignete Formel selbst!



Energie sparen im Schlaf

Rund drei Viertel der im Haushalt genutzten Energie entfallen auf das Heizen. Entsprechend hoch ist der Anteil am CO₂-Ausstoß des Haushaltes. Gründe sind neben schlechter Isolierung von Wänden und veralteter Technik auch zu starkes Heizen und falsches Lüften. Doch wo viel verbraucht wird, gibt es meist einige noch ungenutzte Einsparmöglichkeiten.

So senkt jedes Grad weniger in den Räumen den Heizenergieverbrauch um rund sechs Prozent! Auch nachts und bei längerer Abwesenheit lässt sich eine Menge Wärme – und damit Geld – sparen. Kleiner Tipp: Die Stufe 3 eines Thermostatventils entspricht etwa 20 °C.

Raum	empfohlene Temperatur	gemessene Temperatur	Temperaturdifferenz	Einsparpotenzial in Prozent
Beispielzimmer	18 °C	22 °C	4 °C	$4 \cdot 6 = 24$
Kinderzimmer	20 °C			
Wohnzimmer	20 °C			
Schlafzimmer	17 °C			
Küche	18 °C			
Flur	15 °C			

Regeln für Heizen und Lüften

Rahmt die jeweils bessere Regel ein, streicht die schlechtere zunächst mit Bleistift durch. Klärt in der Gruppe ab, welche wirklich die bessere/schlechtere ist und macht eure Striche dann dicker oder farbig!

- | | |
|---|--|
| Je wärmer, je besser – damit auch im Winter ein knappes T-Shirt und kurze Hose genügen. | In Wohn- und Arbeitszimmern reichen 20 °C aus, in Schlafzimmern 16 bis 17 °C. |
| Heizkörper abschalten, wenn gelüftet wird. Sonst heizt man sinnlos zum Fenster hinaus. | Heizung bei geöffnetem Fenster ordentlich aufdrehen – es wird ja sonst viel zu kalt! |
| Alle Räume ausreichend heizen, weil zu große Temperaturunterschiede nicht gut sind. | Selten oder nie genutzte Räume keinesfalls beheizen. Da kann man richtig Energie sparen. |
| Fenster auch im Winter angekippt lassen, da hat man immer frische Luft. | Dreimal täglich 5 bis 10 Minuten mit mehreren weit geöffneten Fenstern lüften (Stoßlüftung). |

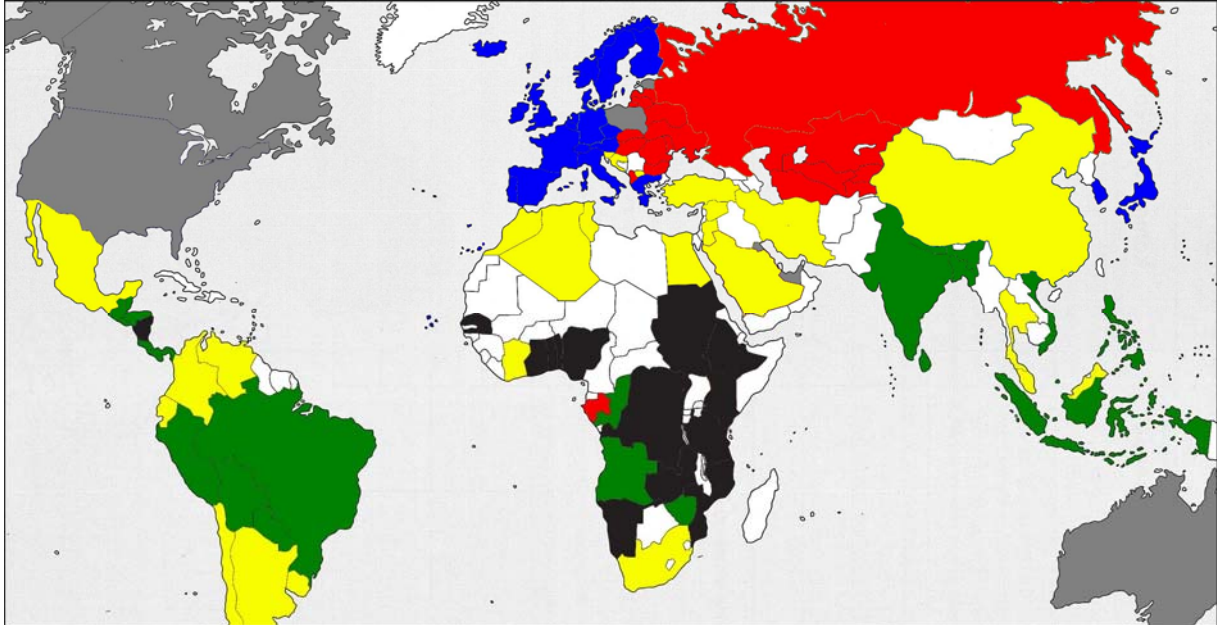
Stellt weitere Regeln auf – und wendet sie auch an!

1. Messt die Temperaturen bei euch zu Hause und tragt die Werte in die Tabelle ein!
2. Errechnet die Differenz zur empfohlenen Temperatur und das Einsparpotential (6 Prozent pro °C)!
3. Schätzt, um wie viel der CO₂-Ausstoß eures Haushaltes reduziert werden könnte, wenn ihr das Einsparpotential voll ausnutzt. Sucht nach einem Weg, einen genauen Wert auszurechnen. Hierbei muss der Anteil der Räume am gesamten Heizenergieverbrauch berücksichtigt werden (Raumfläche).
4. Stellt Regeln für das Heizen und Lüften auf! Die gelten dann natürlich auch in der Schule.



Ländergruppen

Auf Grundlage der Zahlen zu CO₂-Ausstoß, Bevölkerung, Energieverbrauch und Wirtschaftsleistung können die Staaten der Erde zu sechs Gruppen mit ähnlichen Verhältnissen zusammengefasst werden.



I. Arme biomassennutzende Zwangs-Klimaschützer

Arme Staaten, die aus Geldmangel wenig Erdöl, Erdgas oder Kohle verbrauchen. Beispiel:

II. Energie- und kohlenstoffhungrige Kleinemittenten

Frühere arme Staaten, mit denen es langsam aufwärts geht und die ständig mehr Erdöl, Erdgas und Kohle verbrauchen. Beispiel:

III. Aufsteigende kohlenstoffhungrige Kleinemittenten

Frühere arme oder mittelmäßig entwickelte Staaten, mit denen es steil aufwärts geht, und die erheblich mehr Erdöl, Erdgas und Kohle verbrauchen. Beispiel:

IV. Absteigende kohlenstoffintensive Mittelemittenten

Staaten, mit denen es seit dem Zusammenbruch der Sowjetunion wirtschaftlich abwärts gegangen ist bzw. noch geht. Der Verbrauch von Erdöl, Erdgas und Kohle ist noch hoch. Beispiel:

V. Reiche kohlenstoffhungrige Spitzenemittenten

Diese Staaten gehören zu den reichsten der Erde, ihre Wirtschaft wächst und damit der Verbrauch von Erdöl, Erdgas und Kohle. Beispiel:

VI. Reiche entkarbonisierende Mittelemittenten

Auch diese Staaten sind reich, aber ihre Wirtschaft wächst überwiegend nicht so stark. Der Verbrauch an Erdöl, Erdgas und Kohle ist mittelmäßig und geht zurück. Beispiel:

1. Klärt zunächst die Begriffe, damit sie jeder versteht. Was ist mit „Emittenten“ gemeint, was mit „entkarbonisiert“ und „Biomasse“?
2. Ordnet diese Staaten zu, tragt sie als Beispiele in die freien Kästchen ein:
 - a) Deutschland, b) USA, c) Kenia, d) Russland, e) China, f) Brasilien.
3. Notiert weitere Beispiele!



Die Kaya-Identität

Was hier wie ein spannender Filmtitel aussieht, ist eine Möglichkeit, den Energieverbrauch von Staaten und ihre Abhängigkeit von Erdöl, Erdgas und Kohle zu vergleichen. Also auch eine spannende Angelegenheit! Arbeitsblatt 16 hat schließlich bereits gezeigt, dass es erhebliche Unterschiede gibt.

Zunächst einmal vergleicht ihr die Kohlendioxid-Emissionen pro Kopf in unseren sechs Beispielstaaten:

Staat	CO ₂ -Ausstoß pro Jahr	Bevölkerungszahl	CO ₂ pro Kopf/Jahr
USA	1.572,6 Mio. t	289,424 Mio.	t
China	948,0 Mio. t	1.271,850 Mio.	t
Russland	420,4 Mio. t	144,752 Mio.	t
Deutschland	228,6 Mio. t	82,333 Mio.	t
Brasilien	89,5 Mio. t	172,386 Mio.	t
Kenia	2,8 Mio. t	30,736 Mio.	t

(Quelle: <http://cait.wri.org>, Zahlen von 2000)

Um die Staaten besser vergleichen zu können, setzen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler den Pro-Kopf-Ausstoß nun noch zum Energieverbrauch und zur Wirtschaftsleistung ins Verhältnis. Dies geschieht mit Hilfe der **Kaya-Formel**, benannt nach dem japanischen Energie-Ökonomen Yoichi Kaya.

$$\left(\frac{\text{CO}_2\text{-Ausstoß}}{\text{Bevölkerung}} \right) = \left(\frac{\text{CO}_2\text{-Ausstoß}}{\text{Energieverbrauch}} \right) \cdot \left(\frac{\text{Energieverbrauch}}{\text{BIP}^*} \right) \cdot \left(\frac{\text{BIP}^*}{\text{Bevölkerung}} \right)$$

Emissionen pro Kopf
Kohlenstoffintensität
Energieintensität
Arbeitsproduktivität

(*BIP: Bruttoinlandsprodukt, wichtige Einheit für die Wirtschaftskraft eines Landes)

Aus mathematischer Sicht macht diese Formel nicht viel Sinn. Kürzt man die „Brüche“, steht auf beiden Seiten CO₂-Ausstoß pro Kopf. Dennoch gibt sie Aufschluss über wichtige Einflussfaktoren:

- Energieintensität ermöglicht Rückschlüsse auf die (technologische) Effizienz einer Gesellschaft
- Kohlenstoffintensität sagt etwas über den Energieträgermix bei der Energieerzeugung aus
- Arbeitsproduktivität bringt Wirtschaftsleistung und Bevölkerung ins Verhältnis, drückt aus, dass Menschen Rohstoffe und Energie nutzen, um mehr oder weniger gut zu leben

1. Errechnet den CO₂-Ausstoß pro Kopf in den sechs Staaten! Tragt die Ergebnisse in die Tabelle ein!
2. Was stellt ihr fest? Diskutiert, wie die teils extremen Unterschiede zustande kommen und was sie über das Lebensniveau der Bevölkerung aussagen!
3. Ausgehend von euren unter 2. aufgestellten Vermutungen: Was ist in den sechs Staaten zu erwarten in Bezug auf a) Kohlenstoffintensität, b) Energieintensität, c) wirtschaftlicher Lage?



Visitenkarten Energie und Wirtschaft

Lagt ihr richtig mit euren Antworten auf Frage 3 von Arbeitsblatt 17? Die „Visitenkarten“ der sechs Ländergruppen geben Auskunft. Allerdings: Sie sind nicht sortiert!

CO ₂ -Emissionen	Kohlenstoffintensität	Wirtschaftliche Lage	Energieintensität
mittlerer Ausstoß, der gleich bleibt oder sinkt	mittel bis hoch	untere Mittelklasse, meist Stagnation oder Schrumpfung	mittel, meist gleich bleibend, vereinzelter Rückgang
Ländergruppe:		Beispiel:	

CO ₂ -Emissionen	Kohlenstoffintensität	Wirtschaftliche Lage	Energieintensität
geringer Ausstoß, der stark wächst	gering bis mittel, zum Teil stark ansteigend	arm bis untere Mittelklasse, mäßiges Wachstum	geringe Intensität, geht leicht bis stärker zurück
Ländergruppe:		Beispiel:	

CO ₂ -Emissionen	Kohlenstoffintensität	Wirtschaftliche Lage	Energieintensität
mittlerer Ausstoß mit teils leichtem Anstieg	mittel, geht zurück	reich, geringes Wachstum, teils auch stärker	gering, Stagnation oder leichter Rückgang
Ländergruppe:		Beispiel:	

CO ₂ -Emissionen	Kohlenstoffintensität	Wirtschaftliche Lage	Energieintensität
höchster Ausstoß, der teils immer noch steigt	hoch, in einigen Ländern steigend, in anderen sinkend	reich bis Mittelklasse, hohes oder mittleres Wachstum	gering bis mittel, geht leicht bis stärker zurück
Ländergruppe:		Beispiel:	

CO ₂ -Emissionen	Kohlenstoffintensität	Wirtschaftliche Lage	Energieintensität
geringer Ausstoß, der weiter sinkt	gering, teilweise starker Rückgang	arme Länder, Wirtschaft schrumpft, stagniert oder wächst leicht	mittlere bis geringe Intensität, kaum Veränderungen
Ländergruppe:		Beispiel:	

CO ₂ -Emissionen	Kohlenstoffintensität	Wirtschaftliche Lage	Energieintensität
geringer Ausstoß, der leicht bis rasch wächst	mittel bis hoch, weiter steigend	untere Mittelklasse, starkes bis mittleres Wachstum	gering bis mittel, geht teils stärker zurück
Ländergruppe:		Beispiel:	

1. Welche Visitenkarte gehört zu welcher Ländergruppe? Nutzt als Hilfe eure Antworten zu Frage 3 auf Arbeitsblatt 17. Ergänzt die Bezeichnung der Ländergruppe auf dem Kärtchen und tragt das Beispielland ein!
2. Schneidet die Visitenkarten aus. Ordnet sie auf einer Weltkarte dem jeweiligen Beispielland zu.
3. Was fällt euch auf? Wo befinden sich die eher reichen Staaten, wo die ärmeren?



Länder kommen in die Charts

An der Spitze der CO₂-Schleudern stehen unumstritten die USA mit einem Anteil von fast einem Viertel der Emission der ganzen Welt. Ganz unten stehen die armen Länder Afrikas und kleine Insel-Staaten. Das Mittelfeld (20 Länder, deren Anteil zwischen einem und 15 Prozent liegt) reicht von China über Deutschland bis Saudi-Arabien. Das ist die „Hitliste“ der Negativ-Rekorde.

Aber gibt es auch die „Charts“ der umweltfreundlichsten Staaten?

Im Januar 2005 haben das Weltwirtschaftsforum und die Europäische Kommission eine Liste vorgelegt, den 2005 Environmental Sustainability Index (Umweltindex Nachhaltigkeit). Erstellt haben ihn die Yale University und die Columbia University. Hier einige Auszüge mit den besten zehn, unseren sechs Beispielstaaten und den beiden Letztplatzierten:

Rang	Land	Punkte	Rang	Land	Punkte
1	Finnland	75,1	31	Deutschland	56,9
2	Norwegen	73,4	...	...	...
3	Uruguay	71,8	33	Russland	56,1
4	Schweden	71,7	...	...	...
5	Island	70,8	45	USA	52,9
6	Kanada	64,4	...	...	...
7	Schweiz	63,7	100	Kenia	45,3
8	Guyana	62,9	...	...	...
9	Argentinien	62,7	133	China	38,6
10	Österreich	62,7	...	...	...
11	Brasilien	62,2	145	Taiwan	32,7
...	...	...	146	Nord Korea	29,2

Die Punkte wurden in 21 Kategorien (Indikatoren) vergeben, darunter Luft- und Trinkwasserqualität, biologischer Vielfalt, Landnutzung, Müllvermeidung, Treibhausgasemissionen, Technologie und Umweltpolitik.

Bessere Chancen auf Spitzenpositionen hatten dabei Staaten, die über einen großen Reichtum an Natur und Bodenschätzen verfügen – und in denen die Bevölkerungsdichte relativ niedrig ist.

1. Ordnet die Staaten, mit denen ihr euch bisher nicht beschäftigt habt, den Ländergruppen zu. Seht ihr Zusammenhänge zur Platzierung im Environmental Sustainability Index? Oder gibt es keine Zusammenhänge? (In die Betrachtung bezieht ihr natürlich auch die sechs Beispielstaaten ein.)
2. Die Bundesregierung sagt, hier würden „Äpfel mit Birnen“ verglichen. Was könnte sie damit meinen? Bezieht in eure Überlegungen Bevölkerungszahlen, Fläche der Länder und ihre geografische Lage ein! Nutzt dafür Arbeitsblatt 20.



Äpfel und Birnen around the world

Sind diese Länder wirklich vergleichbar? Das dünn besiedelte Finnland mit seinem Reichtum an Natur, das hinter seinem Eisernen Vorhang kaum durchschaubare Nordkorea, die Weiten Kanadas und die (vergleichsweise) Enge Deutschlands?

Land	Bevölkerung	Fläche	Einwohner/km ²	Besonderheiten
Finnland				
Norwegen				
Uruguay				
Schweden				
Island				
Kanada				
Schweiz				
Guyana				
Argentinien				
Österreich				
Brasilien				
Deutschland				
Russland				
USA				
Kenia				
China				
Taiwan				
Nordkorea				

1. Setzt euch mit den geografischen Gegebenheiten der 18 Länder auseinander. Tragt Bevölkerungszahl, Fläche und Bevölkerungsdichte zusammen bzw. rechnet sie aus! Die Informationen findet ihr in Lexika, Atlanten oder in euren Unterlagen zum Geografieunterricht.
2. Ergänzt Besonderheiten, die Einfluss auf die Bewertung der Länder im Environmental Sustainability Index genommen haben könnten (z. B. Naturreichtum, CO₂-Ausstoß, relativ viele/wenige Autos, hohe Bevölkerungsdichte, politisches System, Luft und Wasser)!



Energie ohne Ende

Auf der Welt gibt es riesige Unterschiede im CO₂-Ausstoß. Das betrifft sowohl die absolute Zahl, also den Ausstoß insgesamt pro Jahr, als auch den Ausstoß pro Kopf. In manchen Ländern sind die Werte so niedrig, dass sie fast nicht mehr messbar sind. Die Spitzenemittenten dagegen kommen auf 5,4 bis 16 Tonnen pro Kopf im Jahr. Was wäre eigentlich, wenn alle Länder so viel CO₂ pro Kopf in die Erdatmosphäre blasen würden wie die USA oder gar der absolute Spitzenreiter Katar?

Land	CO ₂ -Ausstoß in Mio. t (Rang)	t pro Kopf (Rang)	Faktor zu 5,4 t/Kopf	CO ₂ -Ausstoß bei 5,4 t/Kopf	CO ₂ -Ausstoß bei 16 t/Kopf
USA	1.572,6 (1)	5,4 (5)	1	1.572,6 Mio. t	
Russland	420,4 (4)	2,9 (21)			
Deutschland	228,6 (7)	2,8 (22)			
China	948,0 (3)	0,7 (87)			
Brasilien	89,5 (17)	0,5 (99)			
Kenia	2,8 (91)	0,1 (150)			
Summe	3.261,9				

(Quelle: <http://cait.wri.org>, Zahlen von 2000)

Eure Ergebnisse belegen es: So geht es natürlich nicht! Diese CO₂-Mengen allein der sechs Beispielländer würden dem Treibhaus Erde gehörig einheizen (Zum Vergleich: Im Jahr 2000 lag der CO₂-Ausstoß aller Länder zusammen bei 6.522,6 Tonnen).

Doch andererseits:

Warum sollten die Menschen in China, Brasilien oder Kenia schlechter leben als die in den USA?

Bekannt ist jedoch auch, dass Erdöl, Erdgas und Kohle nicht bis in alle Ewigkeit reichen werden. Selbst die Vorkommen an Uran, das in Atomkraftwerken zu Energie gemacht wird, sind begrenzt. Die Reserven an all diesen endlichen Energieträgern reichen nach dem gegenwärtigen Stand der Dinge noch etwa 50 bis 200 Jahre.

Gebraucht wird unendliche Energie, bei deren Erzeugung wenig oder kein Kohlendioxid ausgestoßen wird. Ein Traum? Nein – sie ist schon da und muss nur noch genutzt werden ...

1. Rechnet aus, wie viel CO₂ die sechs Beispielstaaten ausstoßen würden, wenn der Ausstoß pro Kopf a) so hoch wäre wie in den USA (5,4 t/Kopf), b) wie in Katar (16 t/Kopf)! Welche Folgen hätte dies?
2. Diskutiert die Frage ob es gerecht ist, dass China, Brasilien, Kenia und viele andere Staaten niemals so viel CO₂ pro Kopf ausstoßen dürfen wie die USA! Gibt es überhaupt eine gerechte Lösung, bei der zugleich der CO₂-Ausstoß insgesamt nicht steigt?
3. Nennt Beispiele für unendliche Energie!



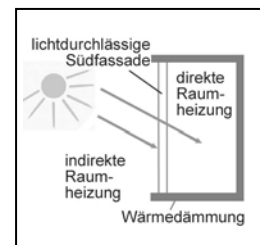
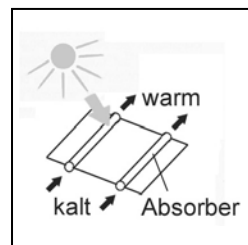
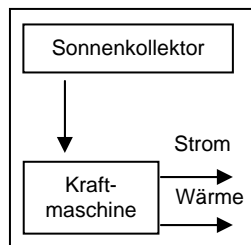
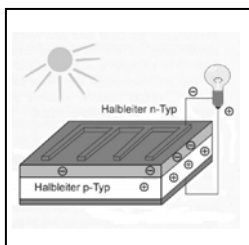
Klar: Die Sonne

Mal abgesehen von den Gebieten jenseits der Polarkreise – sie scheint jeden Tag, die Sonne. Und auch wenn sie von Wolken verdeckt ist, liefert sie immer noch nutzbare Licht- und Wärmeenergie.

Es gibt derzeit vier Möglichkeiten, die Sonnenenergie zu nutzen:

- Photovoltaik
- Solarthermische Kraftwerke
- Sonnenkollektoren
- Passive Solarnutzung

Technik	Funktionsweise	geeignete Standorte	Einsatzgebiete	Anmerkungen
Photovoltaik				
Solarthermische Kraftwerke				
Sonnenkollektoren				
Passive Solarnutzung				



1. Informiert euch in Büchern, Zeitschriften und dem Internet über die vier Techniken der Sonnenenergienutzung! Tragt eure Erkenntnisse in die Tabelle ein!
2. Welches Bild gehört zu welcher Technik? Ergänzt die Bezeichnungen!
3. Welche Technik kann in eurer Region angewendet werden bzw. wird bereits angewendet? Schaut euch um und protokolliert Beispiele!
4. Fragt die Betreiber der Anlagen nach ihren Erfahrungen. Hat sich die Anschaffung gelohnt?



Umstritten: Der Wind

Die Windkraft zu nutzen, ist nicht gerade eine neue Idee: Schon seit über 1.000 Jahren drehen sich in vielen Teilen der Welt Windmühlen und mahlen das Korn. Oder eben nicht, wenn gerade Flaute ist.

Im 20. Jahrhundert wurde der Wind als Energieträger zum zweiten Mal im großen Stil entdeckt und längst ist seine Nutzung nicht mehr zu übersehen. Teils in kleinen Gruppen, teils in Scharen – Windparks genannt – stehen sie im ganzen Land herum. Und weil der Platz da nicht mehr ausreicht, sind noch größere, so genannte Off-Shore-Parks, mitten im Meer geplant.

Doch im Gegensatz zu den eher unauffälligen Sonnenkraftanlagen sind die Windräder umstritten. Manchmal gehören sogar Naturschützer zu den Gegnern! Geht der Sache auf den Grund!

Standort/ Bezeichnung	Zahl der Windräder	Leistung	Entfernung zur Ortschaft	Entfernung zu Schutzgebiet	Eindruck in der Landschaft



Argumente

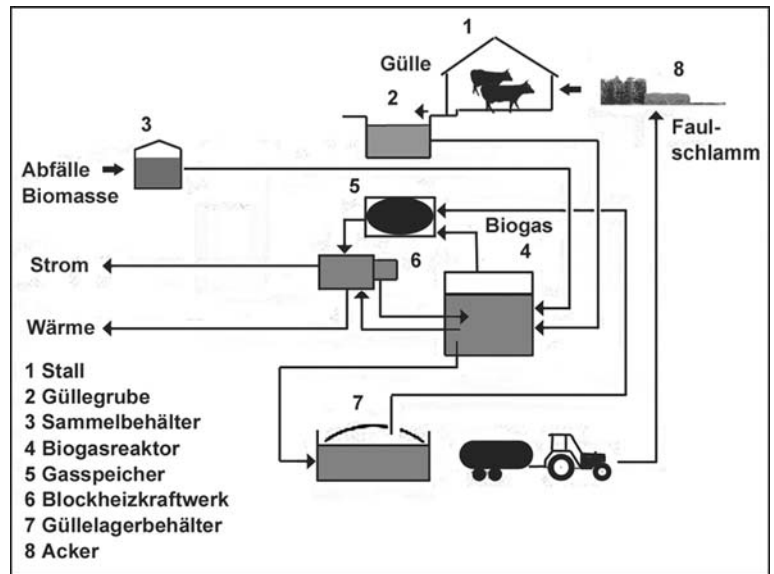
Pro	Contra

1. Sucht nach Windkraftanlagen in der Umgebung eures Wohnortes/in eurer Region! Wie weit stehen sie von Ortschaften, Naturschutz- und Erholungsgebieten entfernt? Wie passen sie in die Landschaft? Führt Protokoll eurer Beobachtungen (Tabelle)!
2. Befragt Anwohner zu ihren Erfahrungen mit den Anlagen. Wie wurden vor dem Bau die Planungen in den demokratischen Gremien und in der Presse diskutiert? Diskutiert in der Klasse über Pro und Contra!
3. Erkundigt euch bei den Betreibern, wie viel Strom die Anlagen erzeugen!



Geheimnisvoll: Biomasse

Aus Kuhmist Gold zu machen ist bisher noch keinem gelungen. Wärme und Strom sind aber drin! Und nicht nur im Mist: Das gute alte Holz bringt heute mehr als nur ein fröhliches Knistern im Kamin. Selbst Stroh und Heu können Generatoren antreiben und das Dorf mit Strom versorgen. Und was an der Gülle so stinkt, ist pure Energie!



[Biogas-Anlage]

Beispiele für Biomasse:

Altholz	Raps	Stroh	Chinaschilf	Gülle
Klärschlamm	Heu	Waldrestholz	Industrieholz	Altfett

Energiepflanzen	Ernterückstände	Nebenprodukte und Abfälle

Allerdings wird die Biomasse nicht einfach so verheizt. Mit verschiedenen Verfahren und zu unterschiedlichen Zwecken wird sie umgewandelt in

- (Holz-)Kohle
- Synthesegas, Biogas
- Alkohol
- Pflanzenöl
- Biodiesel/Synthese-Kraftstoffe

1. Ordnet die aufgeführten Brennstoffe den drei Kategorien in der Tabelle zu! Findet weitere und tragt sie auch in die Tabelle ein!
2. Wofür können die biogenen Brennstoffe genutzt werden – zum Heizen, als Kraftstoff, zur Stromerzeugung?
3. Beim Verbrennen von Biomasse entsteht auch CO₂. Warum handelt es sich dennoch um erneuerbare Energie, die den Treibhauseffekt nicht verstärkt?



Der große Energie-Test

Jede Art der Energiegewinnung ist mit Vor- und Nachteilen verbunden, jede Anlage kostet mehr oder weniger viel Geld. Das gilt für neue Energien genauso wie für herkömmliche.

		Erneuerbare Energien				Fossile Energien			Atom
		Sonne	Wind	Biomasse	Wasser	Erdöl	Erdgas	Kohle	Atom
Reserven	Bewertung								
	Gewichtung (Faktor)								
	Punkte								
Regionen	Bewertung								
	Gewichtung (Faktor)								
	Punkte								
Zeiten	Bewertung								
	Gewichtung (Faktor)								
	Punkte								
Umwelt	Bewertung								
	Gewichtung (Faktor)								
	Punkte								
Effizienz	Bewertung								
	Gewichtung (Faktor)								
	Punkte								
Kosten	Bewertung								
	Gewichtung (Faktor)								
	Punkte								
Akzeptanz	Bewertung								
	Gewichtung (Faktor)								
	Punkte								
Summe									

Kategorien: **Reserven** – Ressourcen weltweit, die nach gegenwärtigem Stand der Technik abgebaut werden können; **Regionen** – Verfügbarkeit auf der Welt; **Zeiten** – Verfügbarkeit nach Tageszeiten; **Umwelt** – Umweltbelastung/indirekte Kosten; **Effizienz** – Wirkungsgrad; **Kosten** – direkte Kosten; **Akzeptanz** in der Bevölkerung/beim Kunden.

1. Bewertet die acht Energiequellen! Recherchiert dazu in Büchern, in Zeitschriften und im Internet! Vergebt Punkte von 2 bis minus 2 (++, +, 0, -, --)! Entscheidet, wie wichtig die Kategorien für die Zukunftsfähigkeit der Energien sind (wichtig = Faktor 1, sehr wichtig = Faktor 2, entscheidend = Faktor 3)! Multipliziert die unter Bewertung vergebenen Punkte mit dem Faktor und ihr erhaltet die Punktzahl für die jeweilige Kategorie! Addiert am Ende die Punkte und schreibt einen Testbericht!
2. Warum ist es trotz allem sinnvoll und wichtig, in die Weiterentwicklung und den Ausbau der erneuerbaren Energien so viel Geld zu investieren? Diskutiert in der Klasse!



Ihre Meinung ist uns wichtig!

Mit Hilfe Ihrer Einschätzung können wir weitere Unterrichtseinheiten im Interesse von Lehrern und Schülern noch zielorientierter und praxisnaher gestalten. Vielen Dank für Ihre Mühe!

Senden Sie bitte diese Seite ausgefüllt an nachfolgende Adresse. Es ist Ihnen überlassen, ob Sie Ihren Namen und Ihre Anschrift nennen oder nicht.

Prof. Dr. Günter Heiduk
 Institute for International and Regional Economic Relations
 University of Duisburg-Essen
 Lotharstr. 65
 D-47048 Duisburg

Mehrfachnennungen sind möglich!

1) Woher haben Sie die Materialien bezogen?

- über den Fachbereichsleiter der Schule über das Internet
 Tipp von anderen Lehrern Sonstiges: _____

2) Wie fanden Sie die Aufbereitung der Informationen zu den Themen für die Lehrkraft?

- inhaltlich sehr umfassend hätten ausführlicher sein können
 verständlich formuliert Sonstiges: _____

3) Wie sind Ihrer Meinung nach die Arbeitsblätter bei den Schüler/innen angekommen?

- optisch ansprechend für Schüler/innen schülerfreundlich formuliert
 handlungsorientierte Aufgaben anregend zur kritischen Auseinandersetzung
 Sonstiges: _____

4) Wie sind die Schüler/innen mit den Aufgaben zurechtgekommen?

- oftmals waren die Aufgaben zu schwer das richtige Maß zwischen fordern & fördern
 stellen interessante Hausaufgaben dar leider für eine Unterrichtseinheit zu umfassend
 Sonstiges: _____

5) In welchem Umfang haben Sie die Schüler/innen bei der Bearbeitung unterstützt?

- nicht in großem Umfang, sie sind ausreichend selbsterklärend
 eine thematische Einführung ist vorher schon notwendig
 Sonstiges: _____

6) Wann setzen Sie in Ihrem Unterricht die Tamaki-Unterrichtsmaterialien ein?

- nur in Vertretungsstunden als Ergänzung, wenn sie zum Thema passen
 zur Behandlung praxisnaher Themen Sonstiges: _____

7) Wie oft haben Sie dieses Material in Ihrem Unterricht eingesetzt?

- einmalig in mehreren Klassen einer Stufe nie
 in mehreren Klassenstufen Sonstiges: _____

8) Wie haben Sie dieses Material genutzt?

- komplett teilweise
 als Ergänzung anderer Materialien Sonstiges: _____

9) Welche Verbesserungsvorschläge haben Sie?

Informationen für die Lehrkraft: _____

Arbeitsblätter der Schüler/innen: _____

10) Zu welchen Themen hätten Sie gern weitere Unterrichtseinheiten in dieser Form?
