

Lösungshinweise zu TERRAglobal "Klima im Wandel"

1 Wetterextreme – kippt das Klima?

S. 5, Nr. 1

Beschreiben Sie, welche Aussagen die Abbildungen auf Seite 3 zum Klimawandel machen.

Die Ereignisse: Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche gegenüber einem Mittelwert um 0,44 ° C bis zum Jahr 2004; deutliches Abschmelzen der Gletscher in den Alpen seit dem Anfang des letzten Jahrhunderts; extreme Wetterereignisse in verschiedenen Regionen: Dürre in Amazonien, Wirbelstürme in den USA, Überschwemmungen in Mitteleuropa werfen die Fragestellung auf, ob der globale Klimawandel bereits stattfindet.

S. 5, Nr. 2

Stellen Sie am Beispiel der Wettervorhersage und der Klimatabelle die Unterschiede zwischen Wetter und Klima dar.

Mit der Wettervorhersage kann nochmals deutlich gemacht werden, dass der Begriff Wetter die kurzfristigen Zustände der Atmosphäre an einem bestimmten Ort beschreibt (Vorhersage für Berlin und Umgebung für den 3.11.2005). Die Klimatabelle mit den Durchschnittswerten von 1961 – 1990 verdeutlicht, dass der Begriff Klima längere Datenreihen – meist Temperatur und Niederschlag - erfasst und monatliche und jährliche Durchschnittswerte angibt.

S. 5, Nr. 3

Erläutern Sie, was Wetterextreme über einen Klimawandel aussagen können.

Einzelne Wetterextreme – Hitze- und Dürreperioden, Starkniederschläge, Stürme – sind kein Beleg für einen Wandel des Klimas. Treten diese Extreme gehäuft auf, werden dadurch auch die aus längeren Datenreihen ermittelten Klimawerte verändert. Damit kann dann ein Klimawandel festgestellt werden.

S. 5, Nr. 4

Stellen Sie in einer Übersicht Wetterextreme der vergangenen zwei Jahre zusammen.

2005 gab es

- Hitzewellen in Südspanien, Portugal und Rumänien (Temperaturen bis 40°C), in Japan Ostaustralien (Temperaturen bis zu 45 °C) und in Nordindien.
- Kälteperioden gab es in Peru, in Nordindien und Bangladesch.
- Dürre in Ost-Südafrika, Mosambik, Lesotho und Swasiland, im Süden Ugandas, in Kenia, Somalia, Eritrea, Südchina.
- Extremniederschläge in Nordindien, Nepal, Bangladesch, Südostchina, Brasilien, Haiti und Philippinen.

(zusammengestellt nach Fischer Weltalmanach 2006)

Hinweis: Übersichten über extreme Wetterereignisse finden sich im Fischer Weltalmanach und in den Mitteilungen der Münchener Rückversicherung (<http://www.munichre.com/>)

2 Die Indikatoren des Klimawandels

S. 7, Nr. 1

Stellen Sie dar, wie man die Temperaturwerte der Vergangenheit rekonstruiert.

Die Dendroklimatologie ermöglicht es, aus der Breite von Jahresringen bei Bäumen die Temperatur über einen Zeitraum von mehreren Jahrhunderten zu rekonstruieren. Die Bildung von Jahresringen unterliegt verschiedenen Einflüssen: Klima, Baumalter, Bestandsstruktur u.a.. Die Vorgehensweise sieht nun so aus: man ermittelt für eine Region die durchschnittliche Breite der Jahresringe. Diese jährlichen Angaben korreliert man mit den gemessenen Temperaturen in der gleichen Region. Damit erhält man eine Beziehung, mit der man aus der Breite Jahresringe die Durchschnittstemperatur ablesen kann. Mithilfe dieser Beziehung kann man dann mit den Daten von Jahresringen, die Jahrhunderte alt sind, auf die damaligen Temperaturen schließen.

S. 7, Nr. 2

Erläutern Sie, weshalb rekonstruierte Temperaturkurven Unsicherheiten aufweisen.

Die Genauigkeit der rekonstruierten Temperaturwerte wird durch zwei Faktoren beeinflusst:

- die Dicke des Jahresrings wird nicht nur durch die Temperatur, sondern auch durch Niederschlag, Wind, Alter der Bäume, Bestandsstruktur und andere beeinflusst;
- statistische Glättungen: je länger der Zeitraum zurückliegt, desto weiter ist der Abstand zur „Eichkurve“

und damit wächst die Ungenauigkeit.

2.2 Aktuelle Indikatoren des Klimawandels

S. 8, Nr. 1

Beschreiben Sie die Temperatur- und Niederschlagstrends.

Zu beobachten ist im Winter eine deutliche Zunahme des Niederschlags und der Temperatur (Dezember bis März). In den Sommermonaten Juli und August, aber auch noch im September ist eine Trendwende von abnehmendem zu zunehmendem Niederschlag (in den letzten Dekaden) - wohl unter dem Einfluss von leicht steigenden Temperaturen - eingetreten.

S. 8, Nr. 2

Vergleichen Sie die Veränderungen bei den Großwetterlagen mit den Temperaturtrends.

Die Häufigkeit der sommerlich warmen Großwetterlagen nimmt in den letzten Dekaden zu, ebenso die der winter-milden. Gleichzeitig nehmen die sommerkühlen Großwetterlagen deutlich ab. Eine Korrelation zu den Temperatur- und Niederschlagswerten ist nur bedingt möglich: Die Temperaturzunahme ist im Sommer schwächer ausgeprägt als im Frühjahr oder Winter. Dagegen lässt sich eine gute Korrelation herstellen zu den steigenden Wintertemperaturen und der Zunahme der wintermilden Wetterlagen.

S. 9, Nr. 3

Beschreiben Sie die Veränderung der Anzahl der Sommertage und der niederschlagsreichen Tage in Europa.

Die Zahl der Sommertage nimmt deutlich im südlichen Europa, im Alpenraum, im östlichen Mitteleuropa und im Baltikum zu. Im Westen und Norden Europas und Russlands ist eine Abnahme der Sommertage zu beobachten. Die Trockenheit nimmt im Mittelmeerraum und Teilen Osteuropas deutlich zu, während in Westeuropa und Nordeuropa die Anzahl der niederschlagsreichen Tage steigt.

S. 9, Nr. 4

Vergleichen Sie die regionalen Veränderungen bei der Anzahl der Sommertage mit den Veränderungen bei den niederschlagsreichen Tagen.

Für den Mittelmeerraum ist eine deutliche Korrelation festzustellen: Die Zunahme der Sommertage korreliert mit einer Abnahme der niederschlagsreichen Tage. Weniger deutlich ist die Korrelation in Nordeuropa: Die deutliche Zunahme der niederschlagsreichen Tage entspricht nur einem geringen Rückgang der Sommertage.

S. 11, Nr. 1

Erklären Sie, weshalb Gletscher wichtige Indikatoren des Klimawandels sind.

Das Volumen der Gletscher wird von Temperatur und Niederschlag bestimmt. So kann durch verstärkte Niederschläge bei gleich bleibender Temperatur das Gletschervolumen wachsen. Umgekehrt können fehlende Niederschläge und steigende Temperaturen das Volumen sehr schnell reduzieren. Bleibt die Niederschlagsmenge in etwa gleich und das Gletschervolumen nimmt ab, so ist das auf eine Temperaturänderung zurückzuführen.

S. 11, Nr. 2

Stellen Sie in einer Übersicht die beobachteten Trends einer Klimaänderung in Europa zusammen.

Eine ausführliche Übersicht (in Englisch) findet sich im Report der Europäischen Umweltagentur (European Environment Agency EEA): Impacts of Europe's changing climate

http://reports.eea.europa.eu/climate_report_2_2004/en/tab_content_RLR

S. 11, Nr. 3

Formulieren Sie Hypothesen, worauf dieser außergewöhnliche Klimawandel zurückzuführen ist.

Von Schülerinnen und Schülern können folgende Vermutungen geäußert werden:

- Einfluss des Menschen: Veränderungen der klimarelevanten Gase, Abgabe von Wärme in die Atmosphäre durch industrielle Prozesse
- natürliche Veränderungen: Veränderung der Erdbahnparameter (z.B. Neigung der Erdachse, Abstand Sonne - Erde), Veränderung der Strahlungsintensität der Sonne

2.3 Zweifel am Klimawandel

S. 13, Nr. 1

Stellen Sie in einer Übersicht den Behauptungen der Klima-Skeptiker die Ergebnisse der Wissenschaft gegenüber.

- Bedeutung einer Erwärmung um wenig Grad Celsius
- geringe Wirkung des Kyoto-Protokolls
- Bedeutung von Kohlenstoffdioxid auf die atmosphärischen Prozesse
- Bedeutung von Vulkanausbrüchen auf das Klima
- die lang- und kurzfristigen Schwankungen der Sonnenaktivität
- vermeintliches Ansteigen des Meeresspiegels
- manche Gletscher wachsen
- warme Klimaperioden im Mittelalter
- sinkende Durchschnittstemperaturen an verschiedenen Orten der Erdoberfläche
- Abkühlung der Antarktis
- Absinken der globalen Lufttemperatur zwischen 1940 und 1970
- Verlässlichkeit der Computermodelle
- Unsicherheit der Prognosen

Eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Vorwürfen der Klimaskeptiker findet sich bei Stefan Rahmstorf: Die Thesen der „Klima-Skeptiker“ – was ist dran? Eine Antwort auf Alvo von Alvensleben (http://www.pik-potsdam.de/~stefan/alvensleben_kommentar.html)

S. 13, Nr. 3

Formulieren Sie für sich eine Position zum Klimawandel.

Erwartet wird, dass die Schülerinnen und Schüler eine Position formulieren, die durch Argumente belegt wird.

3 Die Mechanismen des Klimawandels

3.1 Natürlichen Ursachen einer Klimaänderung

S. 15, Nr. 1

Stellen Sie in einer Übersicht die astronomischen Einflüsse auf das Klima dar.

- Leuchtkraft der Sonne: Zunahme oder Abnahme der Leuchtkraft der Sonne führt zu einer Veränderung der Solarkonstanten und damit auch der Energiemenge, welche das Klimasystem der Erde beeinflusst.
- kosmische Partikelstrahlung: diese Strahlung ist Hauptursache für die Ionisation der Erdatmosphäre und wirkt damit vermutlich auf die Wolkenbildung.
- Asteroiden: durch den Einschlag von Asteroiden auf der Erdoberfläche werden große Mengen an Staub in die Atmosphäre geschleudert und beeinflussen damit das atmosphärische Geschehen durch veränderte Absorptions- und Reflexionsbedingungen.
- Erdbahnelemente: durch geringfügige Veränderungen der Erdbahn können sich die Klimazonen verschieben. Zu diesen Veränderungen gehören: Schwankungen in der Exzentrizität, Schiefe der Ekliptik und Lage der Äquinoktien
- Erdrotation: verlangsamt sich die Erdrotation, werden die Tage länger. Dieser Effekt beeinflusst wiederum die atmosphärischen und ozeanischen Zirkulationen.

S. 15, Nr. 2

Informieren Sie sich mithilfe einer Internetrecherche über die Folgen von Vulkanausbrüchen für das Klimageschehen (z.B. Vulkane als Klimamotoren: <http://www.quarks.de/dyn/7097.phtml>).

Bei den Vulkanausbrüchen wurden Aerosole und Treibhausgase freigesetzt. Die einen bewirkten eine kurzfristige Abkühlung, die anderen eine langfristige Erwärmung der Atmosphäre.

S. 15, Nr. 3

Erläutern Sie, weshalb sich auch bei konstanten externen Einflüssen das Klima ändern kann.

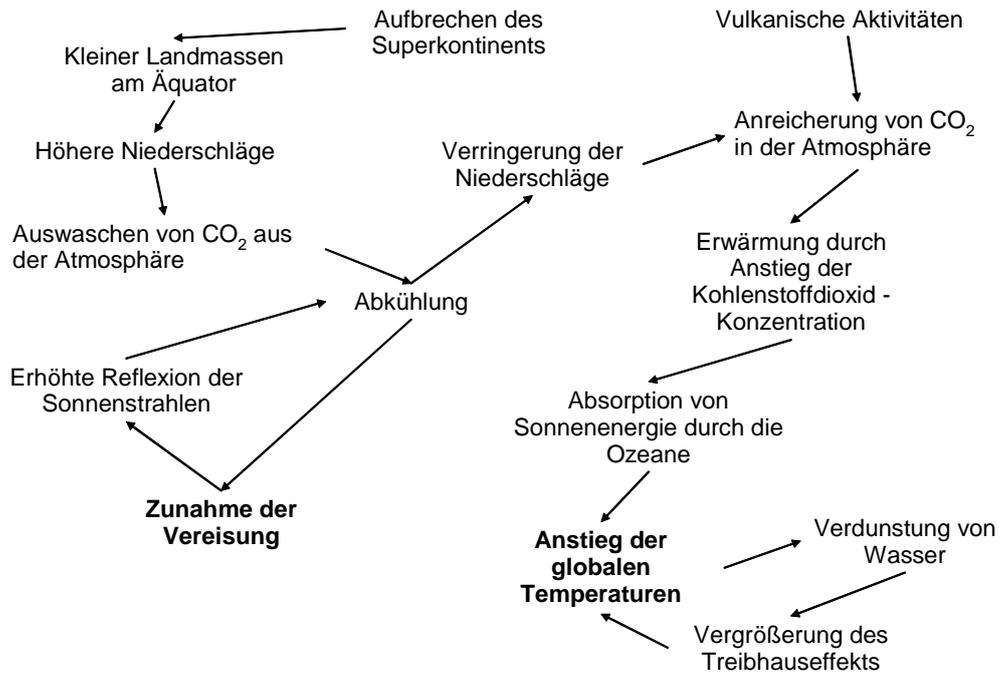
Das Laborexperiment verdeutlicht, wie bei konstanter Wärmezufuhr (entspricht den konstanten äußeren Bedingungen im System Pfeffer-Öl-Pfanne) sich das Bewegungsmuster der Pfefferteilchen verändert. Analog können sich auch bei konstanten äußeren Einflüssen auf das System Atmosphäre die inneren Abläufe verändern.

3.2 Klimawandel in der Erdgeschichte

S. 17, Nr. 1

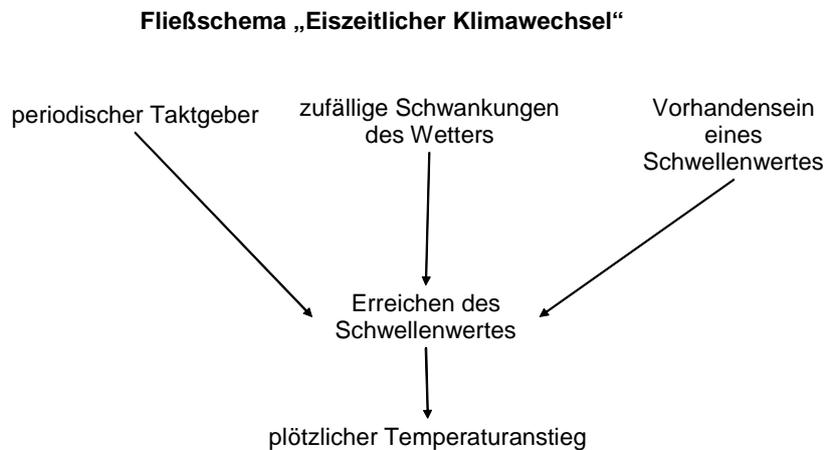
Entwerfen Sie ein Wirkungsgefüge des „Tiefkühl-Hitze-Zyklus“.

Wirkungsgefüge „Tiefkühl-Hitze-Zyklus“



S. 19, Nr. 1

Stellen Sie den Ablauf des eiszeitlichen Klimawechsels in einem Fließdiagramm dar.



3.3 Ursachen des aktuellen Klimawandels

S. 21, Nr. 1

Vergegenwärtigen Sie sich die das Betreten eines Treibhauses im winterlichen Sonnenschein, oder das Einsteigen in ein Auto im Hochsommer. Erläutern Sie jeweils die thermischen Vorgänge und vergleichen Sie diese mit denen in der Atmosphäre.

In beiden Fällen liegt die Temperatur deutlich über der Außentemperatur. Ursache dafür ist die selektive Transparenz von Glas. Es ist transparent für sichtbares Licht und kurzwelliges Infrarot, wie es von der Sonne abgestrahlt wird. Dagegen ist Glas für langwelliges Infrarot (den Bereich der Wärmestrahlung) fast undurchlässig. Einfallende kurzwellige Strahlung wird im Innenraum von verschiedenen Materialien absorbiert. Diese werden erwärmt und geben die Wärme als langwellige Wärmestrahlung wieder ab. Für diese langwellige Infrarotstrahlung ist das Glas undurchlässig. In der Summe wird also während der Sonneneinstrahlung dem Innenraum mehr Energie zugeführt als abgegeben.

Im der Atmosphäre übernehmen die Treibhausgase die Funktion von Glas.

S. 23, Nr. 1

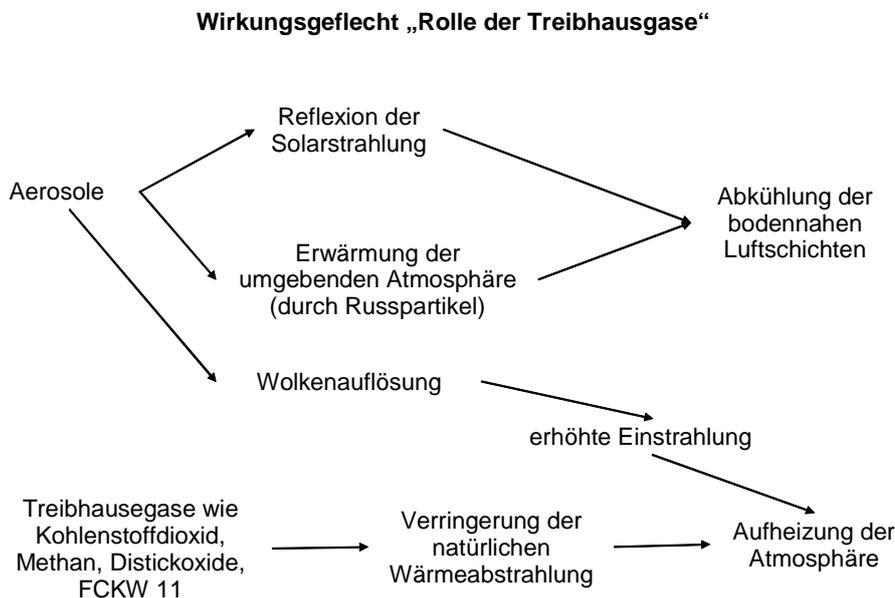
Erläutern Sie, wie die Emission von CO_2 aus fossilen Brennstoffen den Treibhauseffekt verstärkt.

Entscheidend für die Wirksamkeit von CO_2 ist die Sättigung von so genannten Absorptionsbanden (Wellenlängeintervall, in dem die Strahlung absorbiert wird) in der Atmosphäre. CO_2 wirkt als Treibhausgas: Diese können aufgrund ihrer chemischen Natur in unterschiedlichem Ausmaß die Wärmestrahlung absorbieren und so die Wärme in die Atmosphäre abgeben. Sie behindern die natürliche Wärmeabstrahlung mit der Folge einer Aufheizung der Atmosphäre.

Lösungen (6/13)

S. 23, Nr. 2

Stellen Sie in einem Wirkungsgeflecht die Rolle der Treibhausgase und Aerosole beim anthropogen verstärkten Treibhauseffekt dar.



4 Wie wird das Wetter der Zukunft?

4.1 Mögliche Änderungen des globalen Klimas

S. 25, Nr. 1

Erklären Sie, weshalb die Zunahme der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre im Szenario B 1 geringer ist als beim Szenario A 2 (M1).

Im B-1-Szenario nimmt die Weltbevölkerung ab. Globale Lösungen bestimmen das wirtschaftliche und soziale Handeln: Nachhaltigkeit und damit ressourceneffizienter Materialverbrauch sind die Grundthemen. Es kommt zu einer stärkeren Tertiärisierung der Wirtschaft. Damit verbunden ist eine Reduktion des Energiebedarfs, welche sich in einer verringerten CO₂-Abgabe spiegelt.

Dagegen beschreibt das Szenario A 2 eine heterogene Welt, in der partikulare Interessen vor globalen Lösungen stehen. Deshalb werden nur lokale Veränderungen der CO₂-Emissionen erreicht. Insgesamt steigt die CO₂-Konzentration auch aufgrund des Bevölkerungswachstums an.

S. 25, Nr. 2

Stellen Sie den Zusammenhang zwischen einer Erhöhung der CO₂-Konzentration und dem Anstieg des Meeresspiegels dar.

Die Verbindung zwischen der CO₂-Konzentration und dem Meeresspiegelanstieg stellt die Temperatur dar. Eine Erhöhung der CO₂-Konzentration führt zur globalen Temperaturzunahme. Dies hat zwei Effekte:

- Inlandseismassen schmelzen ab. Die Schmelzwässer vergrößern das Volumen der Weltmeere.
- Warmes Wasser hat ein größeres Volumen als kaltes Wasser. Steigt also infolge der globalen Erwärmung die Wassertemperatur, vergrößert sich das Wasservolumen.

Beide Effekte führen zu einem Anstieg des Meeresspiegels.

4.2 Klimaänderung: Schadensanfälligkeit und Anpassungsfähigkeit

S. 27, Nr. 1

Mögliche Klimaänderungen sind Trockenheit, geringere Schneefälle, heftigere Regenfälle, höhere Tagestemperaturen, mehr Wind, kürzere Übergangsjahreszeiten. Beschreiben Sie für jede dieser Veränderungen, wie sie ihr Leben betreffen könnte. Stellen Sie dabei Vor- und Nachteile gegenüber.

Ausgehend von möglichen Folgen des Klimawandels sollen die Schülerinnen und Schüler mit dieser Aufgabe einen Bezug zum alltäglichen Leben herstellen. Es wird deutlich werden, dass der Klimawandel individuell positiv und negativ bewertet werden kann.

Lösungen (7/13)

S. 27, Nr. 2

Erklären Sie, weshalb bei einer globalen Temperaturerhöhung die Niederschlagsmenge zunimmt und sich die Sturmereignisse häufen.

Bei einer globalen Temperaturerhöhung verdunstet wesentlich mehr Wasser, was zwangsläufig zu mehr Niederschlägen führt.

Mit einer Erhöhung der Oberflächentemperatur der Meere werden auch die Voraussetzungen dafür geschaffen, dass es in Zukunft mehr tropische Wirbelstürme, wie Hurrikan und Taifune geben wird, die solche Bedingungen für ihre Entstehung benötigen. In gemäßigten Breiten ist ebenfalls aufgrund der Erwärmung der Atmosphäre mit verstärkten Sturmereignissen zu rechnen.

S. 27, Nr. 3

Stellen Sie dar, weshalb der Klimawandel die Länder der Dritten Welt in weitaus stärkerem Umfang als die Industrieländer beeinträchtigt.

Dritte-Welt-Länder sind stärker betroffen, weil sie

- eine höhere Schadensanfälligkeit haben durch
 - dichtere Besiedlung
 - häufigere klimatische Extremereignisse und
 - ungünstigere natürliche Voraussetzungen

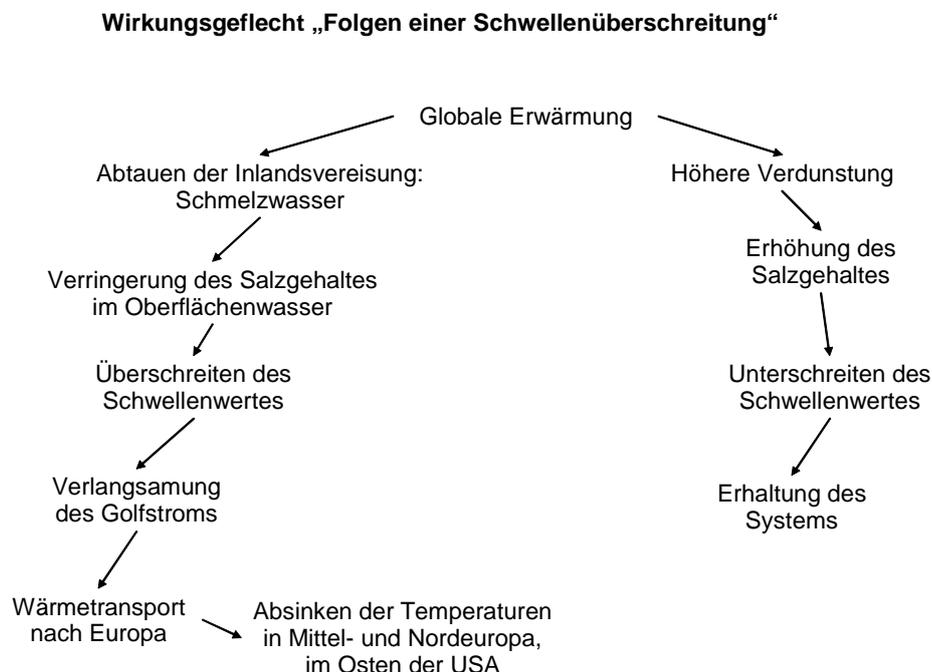
und

- eine geringere Anpassungsfähigkeit besitzen aufgrund
 - ihrer finanziellen Möglichkeiten und
 - der mangelhaften Infrastruktur.

4.3 Droht uns eine plötzliche Eiszeit?

S. 29, Nr. 1

Erstellen Sie mithilfe der Tabelle M2 am Beispiel des Golfstroms ein Wirkungsgefüge, welches die Folgen einer Schwellenüberschreitung zeigt.



4.4 Der Golfstrom – ein Beispiel für eine thermohaline Zirkulation

S. 29, Nr. 2

Stellen Sie mithilfe der Karte M3 die Wirkung des Golfstroms auf die Wassertemperaturen im Nordatlantik dar.

Die Oberflächentemperaturen des Nordatlantik ermöglichen es, die Wirkung des Golfstroms darzustellen: nördlich des 40. Breitenkreises sind die Wassertemperaturen bei gleicher geographischer Breite an der Ostküste Nordamerikas zwischen 3 und 6 Grad Celsius niedriger als an der Westküste Europas. Südlich des 40. Breitenkreises sind die Verhältnisse umgekehrt: jetzt herrschen an der Ostküste Nordamerikas deutlich höhere Temperaturen als an der Westküste Afrikas. Mit diesem Temperaturbild wird der Verlauf des Golfstroms verdeutlicht, der bis zum 40. Breitenkreis entlang der Ostküste Amerikas verläuft, dann sich von der Küste ablöst, den Atlantik überquert und dann die Wassertemperaturen an der Westküste Europas erhöht.

4.5 Wird sich die globale Ozeanzirkulation durch den Menschen verändern?

S. 31, Nr. 1

Stellen Sie die Auswirkungen des Golfstroms auf Mittel- und Nordeuropa dar.

Durch den Golfstrom sind in Mittel- und Nordeuropa

- die Jahresdurchschnittstemperaturen höher
- die Temperaturamplitude deutlich geringer
- die Anzahl der Frosttage geringer.

Als Folge davon herrscht auf gleichem Breitenkreis in Mitteleuropa ein ozeanisches Klima der gemäßigten Zone gegenüber einem borealen Waldklima der kalten Zone in Nordamerika.

Dies hat Auswirkungen auf die Seeschifffahrt (eisfreie Häfen in Europa über den Polarkreis hinaus) und die landwirtschaftliche Produktion.

S. 31, Nr. 2

Erörtern Sie mögliche klimatische Veränderungen, die sich aus einer Abschwächung des Golfstroms für Mittel- und Nordeuropa ergäben.

Die Verlagerung oder auch nur Abschwächung des Golfstroms hätte einen Klimawechsel in Nord-Europa zur Folge. Die signifikante Konsequenz wäre, dass sich die Temperatur in Europa um maximal 5 Grad Celsius verringern würde. Ein großer Teil dieser Temperaturabsenkung würde allerdings durch die globale Erwärmung wieder ausgeglichen.

S. 31, Nr. 3

Nennen Sie mögliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Konsequenzen eines Ausbleibens des Golfstroms für Mitteleuropa.

Unter der Prämisse, dass die dann zu erwartende Abkühlung nicht durch eine globale Erwärmung ausgeglichen würde, wären große Teile Nordeuropas nur noch sehr eingeschränkt bewohnbar. Mitteleuropa müsste mit dem Zuzug von Menschen aus Nordeuropa rechnen.

Wirtschaftliche Konsequenzen würden insbesondere bei der Fischerei und der Landwirtschaft sowie beim Handel und Tourismus deutlich werden. Im Energiesektor wird durch die kälteren Temperaturen der Energiebedarf steigen, gleichzeitig wird die Energiegewinnung in der Nordsee erschwert.

S. 31, Nr. 4

Erklären Sie, weshalb die Wissenschaftler ein Ausbleiben des Golfstroms für unwahrscheinlich halten, aber nicht völlig ausschließen.

Generell wird die Zirkulation im Nordatlantik von der Temperatur und dem Salzgehalt des Wassers angetrieben. Es ist neben der Kälte das Salz, welches die Dichte des Meerwassers erhöht. Wahrscheinliche Konsequenz des Klimawandels ist die Erwärmung des Wassers. Dieser Effekt wird nach Ansicht der Wissenschaftler erst dann den Golfstrom zum Erliegen bringen, wenn sich die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre deutlich erhöht hat.

Kommt es aber zusätzlich zum Abschmelzen des Grönland-Eisschildes, denn verringert sich durch den Eintrag von Süßwasser die Dichte des Atlantikwassers. Es sinkt nicht mehr so stark ab. Damit schwächt sich auch die Sogwirkung ab, die im Moment noch die warmen Wassermassen aus dem Süden nach Norden zieht. Die von der Temperatur und dem Salzgehalt angetriebene thermohaline Zirkulation lässt nach.

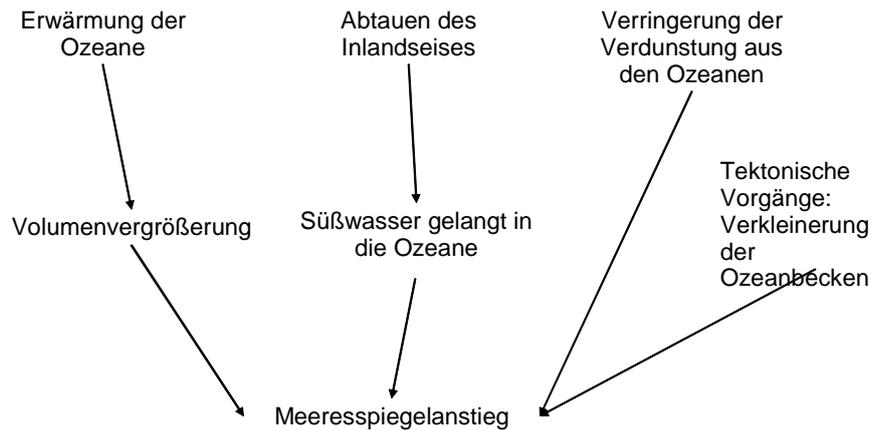
5 Folgen des Klimawandels

5.1 Der Anstieg des Meeresspiegels – eine Folge schmelzender Polkappen?

S. 33, Nr. 1

Erstellen Sie ein Schaubild, welches die unterschiedlichen Ursachen des Meeresspiegelanstiegs verdeutlicht.

Ursachen des Meeresspiegelanstiegs



S. 33, Nr. 2

Stellen Sie dar, weshalb bei einer Klimaerwärmung der antarktische Eisschild wachsen kann.

Höhere globale Temperaturen führen zu einer verstärkten Verdunstung von Meerwasser. Dieses verdunstete Meerwasser kann mit Luftströmung als Wasserdampf über die Antarktis gelangen. Über der kalten schnee- und eisbedeckten Oberfläche können sich die Luftmassen abkühlen, der Wasserdampf würde kondensieren und als Schnee fallen.

S. 33, Nr. 3

Erklären Sie, welche Bedeutung das Abschmelzen des arktischen Eisschildes für einen Anstieg des Meeresspiegels hat.

Auch wenn das ganze arktische Eis abschmelzen würde, würde dadurch der Meeresspiegel nicht ansteigen. Das Eis besteht aus gefrorenem Meerwasser, welches exakt die Menge Wasser, die es zu seiner Entstehung benötigt, verdrängt.

Einzig der thermische Effekt der Erwärmung von Wasser könnte zu einer Volumenausdehnung und damit zu einem Anstieg des Meeresspiegels führen.

5.2 Profitiert die Landwirtschaft vom Klimawandel?

S. 35, Nr. 1

Erläutern Sie in Zusammenhang mit dem Fach Biologie, weshalb Pflanzen grundsätzlich vor dem Dilemma des „Verdurstens oder Verhungerns“ stehen.

Die entscheidende Schnittstelle sind die Spaltöffnungen auf der Unterseite der Laubblätter. Diese müssen geöffnet sein, damit die Pflanze CO₂ zur Fotosynthese aufnehmen kann. Dies muss tagsüber geschehen, denn nur dann ist genügend Sonnenlicht vorhanden, um den Prozess der Fotosynthese ablaufen zu lassen und damit Energie zu gewinnen. Gleichzeitig verliert die Pflanze aber durch diese Spaltöffnungen Wasser. Deshalb besteht hier die Tendenz, die Spaltöffnungen zu schließen um ein Austrocknen zu verhindern. Sind die Spaltöffnungen offen, besteht die Gefahr des „Verdurstens“, sind sie geschlossen die des „Verhungerns“.

Lösungen (10/13)

5.3 Macht uns der Klimawechsel krank?

S. 35, Nr. 2

Erläutern Sie, weshalb vor allem Länder in den Subtropen und in den gemäßigten Breiten vom Vormarsch der Malaria betroffen sind.

Das Malariarisiko erhöht sich in diesen Regionen deshalb, weil hier durch die globale Temperaturerhöhung die Temperaturen ein Niveau erreichen, welches für die Ausbreitung der Malariaerreger optimal ist. In denjenigen Gebieten, in denen die Temperatur bereits hoch ist, wird sich eine Temperaturerhöhung weniger auswirken.

5.4 Die ökonomischen Kosten des Klimawandels – was können wir uns leisten?

S. 36, Nr. 1

Erklären Sie, weshalb sich die Wirtschaft mit dem Klimawandel beschäftigen muss.

Die Umwelt ist in vielfacher Hinsicht ein wirtschaftlicher Faktor:

- Teile der Umwelt werden als Ressourcen genutzt, um Güter und Dienstleistungen zu produzieren
- die Umwelt dient als Standort für die Produktion
- Vorschriften zum Schutz der Umwelt beeinflussen die Produktion
- Verbraucher beziehen Umweltstandards wie zum Beispiel die Klimafreundlichkeit bei der Produktion in ihre Kaufüberlegungen mit ein.

Veränderungen durch den Klimawandel werden sich damit auch auf die ökonomische Entscheidungsfindung von Unternehmen und Privathaushalten auswirken.

S. 36, Nr. 2

Stellen Sie dar, weshalb als Folge des Klimawandels große Naturkatastrophen zunehmen.

Während der Anteil von Erdbeben an den Naturkatastrophen in etwa gleich bleibt, nimmt die Anzahl von Überschwemmungen und Stürmen im Bereich der Großkatastrophen zu. Beides sind klimatische Ereignisse, die sehr stark durch eine globale Erwärmung begünstigt werden.

S. 36, Nr. 3

Nennen Sie mögliche Gründe für eine Zunahme der volkswirtschaftlichen Schäden infolge von Naturkatastrophen.

Als mögliche Gründe können genannt werden:

- extreme Wetterereignisse nehmen zu, dadurch werden die Schäden größer
- die Besiedlungsdichte hat sich erhöht, dadurch werden pro Schadensereignis mehr Menschen betroffen
- dadurch dass Menschen wohlhabender sind, werden mehr Werte vernichtet

S. 36, Nr. 4

Vergleichen Sie die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten des Klimawandels für Deutschland bei einem Klimaschutzbeginn im Jahr 2005 und 2025 (M4).

Zu unterscheiden sind Klimaschutzkosten und Klimaschäden:

(in Mrd. US \$)	Klimaschutzkosten		Klimaschäden		Gesamtkosten	
	Beginn 2005	Beginn 2025	Beginn 2005	Beginn 2025	Beginn 2005	Beginn 2025
Kosten im Jahr 2050	5,77	6,41	17,72	50,70	23,49	57,11
Jahr 2100	40,33	44,89	45,35	205,94	85,68	250,83

Bei einem Beginn im Jahre 2005 liegen die Kosten im Jahre 2050 bei weniger als der Hälfte, im Jahre 2100 bei etwa einem Drittel der Kosten, die bei einem Beginn erst 2025 entstehen würden.

5.5 Die regionalen Folgen des Klimawandels

S. 39, Nr. 1

Erstellen Sie mithilfe eines Gruppenpuzzles eine Weltkarte mit möglichen regionalen Folgen des Klimawandels.

Es werden Stammgruppen und Expertengruppen gebildet. Die Stammgruppen setzen sich aus 8 verschiedenen Experten zusammen, die jeweils eine Region bearbeiten. Alle Experten einer Region bilden die so genannten Expertengruppen. In diesen wird das Wissen über die jeweilige Region erarbeitet. Danach kehren die Experten in ihre Stammgruppen zurück und informieren über ihre Region.

6 Klimaschutz und Klimapolitik

6.1 Lässt sich CO₂ verstecken?

S. 41, Nr. 1

Stellen Sie dar, an welchen Stellen der Mensch in den Kohlenstoffkreislauf eingreifen kann.

- Reduktion der Verbrennung von fossilen Brennstoffen
- Steigerung der CO₂-Aufnahme durch neue Anpflanzungen
- Erhalten von Vegetation durch Bekämpfung von Insektenfraß, Reduzieren der Waldrodung, Bekämpfen von Waldbränden u.a.

S. 41, Nr. 2

Bewerten Sie die Versuche, das bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen entstehende CO₂ in den Kohlenstoffsenken Wald oder Gestein verschwinden zu lassen.

Die bereits bekannten technischen Verfahren, CO₂ im Gestein zu „verstecken“ sind problematisch: bleibt das Gas im Gestein? Wie verhält sich das CO₂ im Gestein? Wie hoch sind die Kosten? Wird damit nicht der Zwang, CO₂ einsparen zu müssen, unterlaufen?

Unproblematischer sind Wälder als Kohlenstoffsenken: Sie haben neben ihrer Funktion als Kohlenstoffsenken weitere wichtige Funktionen: Orte der Erholung, Lebensraum für Tiere und Pflanzen, Wasserspeicher, Rohstofflieferant, Lärmschutz u.a.. So ist die Ausweitung der Waldfläche durchaus mit Vorteilen verbunden.

6.2 Das Kyoto-Protokoll: staatliche Anreize zum Klimaschutz

S. 43, Nr. 1

Erläutern Sie die Bedeutung einzelner Staaten für die weltweiten CO₂-Emissionen.

Besondere Bedeutung haben folgende Staaten (s. M3, Schülerbuch S. 42):

- USA: Anteil an weltweiten CO₂-Emissionen, Zuwachs zwischen 2002 und 2003 in Mt
- China: absoluter und prozentualer Zuwachs
- GUS-Staaten: absoluter und prozentualer Zuwachs
- EU: geplante Verminderung der Treibhausgase bis 2012, aktuell aber noch Zunahme

S. 43, Nr. 2

Erklären Sie, weshalb der Verkehr in Deutschland eine bedeutende Rolle bei der Reduktion der CO₂-Emissionen spielt.

1990 kamen noch etwa 15% der CO₂-Emissionen durch den Verkehr zustande, im Schnitt der Jahre 2000/02 waren es bereits etwa 20%: die CO₂-Emissionen durch den Verkehr steigen, während in allen anderen Bereichen (Energieerzeugung, Industrie, private Haushalte, Gewerbe und Dienstleistungen) ein Rückgang der CO₂-Emissionen zu verzeichnen ist.

S. 43, Nr. 3

Vergleichen Sie für das Kyoto-Ziel „Ist und Soll“ mithilfe einer Internetrecherche.

Informationen finden sich auf folgenden Internetseiten:

- Nationaler Inventarbericht 2005:
<http://www.bmu.de/klimaschutz/klimaschutzberichterstattung/doc/35575.php>
- Status der Ratifizierung:
http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/status_of_ratification/items/2613.php
- Internetseiten von Germanwatch: <http://www.germanwatch.org/klima/klima.htm>

S. 45, Nr. 1

Beschreiben Sie, wie der Handel mit Emissionszertifikaten in Deutschland funktioniert.

Entscheidend ist, dass die Emission von Treibhausgasen vermieden wird. Deshalb ist prinzipiell die Übertragung von Rechten möglich. Das Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz (TEHG) ist am 15.07.04 in Kraft getreten. Danach bekommt jedes Unternehmen Zertifikate zugewiesen, die ihm erlauben, eine bestimmte Menge an Treibhausgasen zu emittieren. Wird diese Menge nicht genutzt oder wird eine größere Menge benötigt, kann das Unternehmen seine Anteile veräußern oder neue erwerben. Die Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt ist die zuständige nationale Behörde zur Umsetzung der marktwirtschaftlichen Klimaschutzinstrumente des Kyoto-Protokolls:

http://www.dehst.de/cln_027/nn_91274/DE/Home/homepage_node.html_nnn=true

Lösungen (12/13)

S. 45, Nr. 2

Stellen Sie mithilfe einer Grafik dar, wie die Volkswirtschaft vom Handel mit Emissionszertifikaten profitiert.

Ziel: Reduktion der CO ₂ - Emissionen Zertifikate für 20000 Tonnen werden kostenlos vergeben			
	Firma A	Firma B	Gesamt- Kosten
Augenblickliche Emission an CO ₂ :	11 000 Tonnen	11 000 Tonnen	
Kosten einer Emissionsminderung pro Tonne CO ₂ :	5 Euro	9 Euro	
Kosten einer Emissionsminderung jeweils 1000 Tonnen CO ₂ :	5 000 Euro	9 000 Euro	14 000 Euro
Handel mit Zertifikaten			
Kosten einer Emissionsminderung von 2000 Tonnen CO ₂ :	10 000 Euro		
Verkauf / Kauf von Zertifikaten für 1000 Tonnen CO ₂ :	- 7 000 Euro	7000 Euro	
Kosten pro Firma	3 000 Euro	7000 Euro	10 000 Euro

S. 45, Nr. 3

Erklären Sie, weshalb der Beitritt Russlands zum Kyoto-Protokoll so folgenreich ist.

Nachdem Russland das Kyoto – Protokoll Ende Oktober 2004 ratifiziert hatte, konnte das Protokoll in Kraft treten. Dazu muss es von mindestens 55 Staaten ratifiziert werden, auf die wenigstens 55 Prozent der von den Industrieländern im Jahr 1990 erzeugten Kohlendioxid-Emissionen entfallen. Zwar haben bis heute 128 Staaten das Kyoto-Protokoll ratifiziert; die zweite Quote war jedoch nicht erreicht, da Australien und die USA – das Land mit der weltweit größten Produktion an Treibhausgasen – das Abkommen abgelehnt hatten.

S. 45, Nr. 4

Erläutern Sie, wie Unternehmen und Volkswirtschaft vom Emissionshandel profitieren.

Unternehmen und Volkswirtschaft haben geringere Gesamtkosten: Unternehmen können entscheiden, ob es für sie lohnender ist, Investitionen zu tätigen, welche die Emissionen reduzieren oder ob sie Zertifikate zu kaufen. Damit werden auf jeden Fall die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten nicht steigen.

Insgesamt wird der Energieverbrauch langfristig reduziert.

Desweiteren wird die Volkswirtschaft davon profitieren, dass die Innovationstätigkeit der Unternehmen steigen wird: Technologien, welche die Emission von Treibhausgasen reduzieren oder den Energieeinsatz effizienter gestalten, werden größere Marktchancen haben.

S. 45, Nr. 5

Beschreiben Sie Kritikpunkte am Kyotoabkommen.

- Umweltschützern gehen die Maßnahmen nicht weit genug und werden zu langsam realisiert;
- Wissenschaftler bezweifeln, ob mit dem Abkommen der globale Temperaturanstieg nennenswert begrenzt werden kann,
- die Sanktionsmechanismen sind begrenzt,
- die Anrechnung von CO₂ – Senken ist umstritten,
- Unternehmen befürchten zu hohe Kosten,
- Entwicklungsländer und Industriestaaten werden nicht in gleichem Umfang beteiligt,
- Industrieländer können auf Kosten der Entwicklungsländer ihre Reduktion vergleichsweise kostengünstig vornehmen,
- die USA sind dem Abkommen nicht beigetreten.

S. 45, Nr. 6

Bewerten Sie den Vorschlag des „One man, one climate emission right“ - Systems.

Vorteile dieses Vorschlags sind:

- ein weltweit gerechtes System, welches alle Menschen gleich stellt,
- weltweit würde ein großer Anreiz zur klimafreundlichen Entwicklung entstehen

Problematisch könnte der Transfer von Rechten werden:

- der finanzielle Transfer von den Industrie – zu den Entwicklungsländern könnte zu welt- und volkswirtschaftlichen Problemen führen.
- problematisch wird auch die Realisierung des Vorschlags

S. 45, Nr. 7

Untersuchen Sie mithilfe einer Internetrecherche, inwieweit Deutschland und Europa ihren Verpflichtungen aus dem Kyotoabkommen nachkommen.

Informationen finden sich unter anderem bei folgenden Links:

- Europäische Umweltagentur: http://www.eea.europa.eu/main_html
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: <http://www.bmu.de/klimaschutz/aktuell/aktuell/1675.php>

6.3 Klimarelevantes Handeln auf lokaler Ebene

S. 47, Nr. 1

Stellen Sie in einer Übersicht zusammen, welche Projekte in ihrer Gemeinde zur Reduktion von CO₂-Emissionen durchgeführt werden oder geplant sind.

Allgemeine Informationen finden sich unter anderem bei folgendem Link:

- Klimabündnis: <http://www.klimabuendnis.org/aktuell/klima.htm>

S. 47, Nr. 2

Überprüfen Sie mithilfe des Textes oben, ob Sie ihren Beitrag zum Klimaschutz erhöhen können.

Zusätzlich kann die persönliche CO₂-Bilanz mit folgenden CO₂-Rechnern überprüft werden:

- http://www.bayern.de/lfu/luft/co2_rechner/co2_rechner.htm#
- <http://www.umweltbildung.at/cgi-bin/cms/af.pl?contentid=1499>