

III.A.17

Fachübergreifender Unterricht

Es wird höchste Zeit! – Klimaschutz im Mathematikunterricht

Antonius Warmeling, Hagen

Illustrationen von Willi van Lück / Antonius Warmeling, digitalisiert von Dr. Wolfgang Zettlmeier



Die Unterrichtsreihe beschäftigt sich mathematisch mit dem Klimawandel und seinen Folgen. Sie bietet damit immer wieder Gelegenheit für fachübergreifende Diskussionen. Einzelne Arbeitsblätter lassen sich bereits in der SEK I einsetzen.

KOMPETENZPROFIL

- Klassenstufe/Lernjahr:** 9–12 (G8), 9–13 (G9)
- Dauer:** 8–9 Unterrichtsstunden
- Kompetenzen:** 1. Kommunizieren, 2. Mathematisch argumentieren und modellieren, 3. Nutzung von Werkzeugen
- Thematische Bereiche:** Diagramme erstellen und interpretieren, Prognosen mithilfe von Trendfunktionen aufstellen, Situationen mithilfe der Analysis untersuchen und beurteilen
- Medien:** Farbfolie / Vorlagen für digitale Präsentationen
- Zusatzmaterialien:** Excel-Dateien (zu **M 2**, **M 3**, **M 4**, **M 7** und **M 8**)
-

Sachanalyse

Die Hinweise, dass der Klimawandel von Menschen gemacht ist, hätten inzwischen den „Goldstandard“ der Sicherheit erreicht, schreibt eine Gruppe von elf renommierten internationalen Wissenschaftlern um den US-Klimatologen Benjamin Santer im Fachjournal „Nature Climate Change“. Das heißt, dass Wissenschaftler mit der gleichen Gewissheit, mit der sie 2012 die Entdeckung des Elementarteilchens Higgs-Boson verkündeten, heute sagen: Der Klimawandel ist real – und er wurde von den Menschen verursacht, schreibt zum Beispiel die Wolfsburger Allgemeine (3.5.2019).

Klimawissenschaftler aus aller Welt warnen z. T. seit Jahrzehnten vor den Folgen des Klimawandels und beschwören die Weltgemeinschaft, endlich geeignete Maßnahmen zu ergreifen. Auf der Klimakonferenz in Paris wurde zwar ein wegweisender Beschluss gefasst, die dafür notwendigen Veränderungen z. B. in der Energiepolitik oder bei der Mobilität lassen aber immer noch auf sich warten. Erst durch **Greta Thunberg** und die **FridaysForFuture**-Bewegung hat die Diskussion eine neue Dynamik bekommen, weil die Jugendlichen die Argumente der Wissenschaftler ernst nehmen und vor den daraus folgenden radikalen Forderungen nicht zurückschrecken.

Umso wichtiger ist es, dass das Thema und die wissenschaftlichen Grundlagen dazu in der Schule behandelt werden, wann immer es sich anbietet. In die Diskussion können und müssen Schüler und Lehrer auch im Mathematikunterricht einsteigen, indem geeignete Aufgaben den nötigen Gesprächsanlass bieten. Wie das gehen kann, zeigt dieser Beitrag auf.

Klimawandel und die Folgen

Den Klimawandel merken wir als Erstes an den **steigenden Temperaturen**. Neun der zehn weltweit wärmsten Jahre liegen im 21. Jahrhundert. Dokumentiert wird das mithilfe einer Zahl, der **globalen Mitteltemperatur**, die als gewichtetes Mittel vieler verschiedener Messstationsergebnisse berechnet wird. Da immer wieder neue Stationen dazukommen und die Institute auch nicht immer dieselben Messstationen einbeziehen, weichen die Ergebnisse z. T. ein ganz klein wenig voneinander ab. Meistens werden nur die **Temperaturänderungen** angegeben, weil die sehr viel einfacher und damit mit einer größeren Genauigkeit zu messen sind als die absoluten Temperaturen. Als Referenzzeitraum wird häufig die Spanne von 1961–1990 verwendet. Andere Zeiträume sind aber auch kein Problem, weil dadurch nur eine Verschiebung des Nullpunktes stattfindet. Mehr dazu können Sie bei Prof. Rahmstorf nachlesen:

<https://scilogs.spektrum.de/klimalounge/verwirrspiel-um-die-absolute-globale-mitteltemperatur/>

Nicht unerwähnt bleiben soll, dass die globale Änderung gegenüber einem Referenzwert nur eine Kenngröße ist, die Temperaturabweichungen sind regional durchaus unterschiedlich. Die größten Abweichungen zeigen sich z. B. im Bereich der Arktis.

Aus den steigenden Temperaturen ergeben sich messbare Veränderungen – **Klimafolgen** – in anderen Bereichen. Einige davon werden hier kurz skizziert, zu den ersten drei davon gibt es Arbeitsblätter (**M6–M8**).

- **Abschmelzen des arktischen Meereises**

Wenn schwimmendes Eis schmilzt, bewirkt es keine Erhöhung des Meeresspiegels. Da aber Schnee und Eis einen hohen Albedo-Effekt (Sonnenlicht wird zu 90 % reflektiert) haben und Wasser einen sehr niedrigen (nur 10 % werden reflektiert), wird nach der Eisschmelze das Wasser erwärmt. Wegen der thermischen Ausdehnung steigt dadurch der Meeresspiegel.

Im Prinzip reden wir hier von arktischem Sommeris, dessen Minimum immer Ende August/Anfang September erreicht wird. Die seit wenigen Jahren zeitweise eisfreie Nord-West-Passage führt schon jetzt zu Konflikten zwischen Staaten, wie z. B. Kanada und USA, weil dadurch verschiedene Handelsrouten stark verkürzt werden könnten.

- **Abschmelzen der Gletscher und des Festlandeises**

Eisschmelzen aus Gletschern und Eiskappen tragen direkt zur Erhöhung des Meeresspiegels bei. Bisher war dieser Effekt insgesamt noch kleiner als die Auswirkungen der thermischen Ausdehnung des Wassers. Untersuchungen aus Grönland lassen aber befürchten, dass sich das Schmelzwasservolumen mit steigenden Temperaturen exponentiell vergrößert.

- **Anstieg des Meeresspiegels**

Der Anstieg wird durch zwei Faktoren beeinflusst, das zufließende Schmelzwasser aus Gletschern und Eiskappen (wie Grönland und der Antarktis) und die thermische Ausdehnung von Wasser. Letztere ist eine Folge davon, dass Wasser ein Dichte-Maximum bei 4 °C hat und die Dichte danach mit wachsender Temperatur sinkt, d. h., das Volumen vergrößert sich.

- **Versauerung der Ozeane**

Die Ozeane sind eine bedeutende Senke für Kohlenstoffdioxid. Ca. 24 % des emittierten CO₂ werden in den Weltmeeren gelöst und letztendlich in Carbonate umgewandelt. Beim Lösen entsteht aber zunächst „Kohlensäure“, die den pH-Wert herabsetzt und damit Ökosysteme wie die Korallenriffe bedroht.

- **Zunahme von Extremwetterereignissen**

Die Münchener Rück – die Versicherung, die die Versicherer versichert – warnt seit langem, dass durch den Klimawandel die Häufigkeit und die Heftigkeit von Extremereignissen zunimmt. Auf ihrer Homepage kann man sich sowohl die Anzahlen als auch die Schadenshöhe in Abhängigkeit von der Art des Ereignisses bzw. von der Zeit darstellen lassen:

<https://www.munichre.com/de/reinsurance/business-on-life/natcat-service/index.html>

- **Artensterben**

Die Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) hat in ihrem neuesten Report (2019) festgestellt, dass etwa eine Million Arten bis 2050 vom Aussterben bedroht sind und dass der Klimawandel einer der Hauptverursacher ist.

- **Abschwächung des Golfstroms etc.**

Dieses Ereignis gehört zu den in Europa wohl am meisten diskutierten Kipp-Elementen des Erdsystems. Nähere Informationen dazu unter

https://www.pik-potsdam.de/services/infothek/kippelemente/kippelemente?set_language=de

Klimaskeptiker

Über 97 % aller wissenschaftlichen Arbeiten bestätigen, dass der Klimawandel menschengemacht ist. Dennoch gibt es vor allem in den USA, aber auch in Deutschland Menschen, die entweder den Klimawandel ganz leugnen oder argumentieren, dass der Temperaturanstieg eine Folge regelmäßig auftretender Schwankungen ist.

Auf einen Blick

1. Stunde

Thema:	Die Erde hat Fieber
M 2	Daten zur Entwicklung der globalen Temperaturveränderungen
Benötigt:	<input type="checkbox"/> OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard <input type="checkbox"/> Folie bzw. digitale Fassung von M 1 <input type="checkbox"/> Tabellenkalkulation (o. Ä.) auf PC oder Handheld

2.–3. Stunde

Thema:	CO ₂ -Emissionen und -Immissionen
M 3	Monatliche CO₂-Konzentrationen am Mauna Loa
Benötigt:	<input type="checkbox"/> OH-Projektor
M 4	Die größten CO₂-Emittenten
M 5	Historische Dimensionen
Benötigt:	<input type="checkbox"/> OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard <input type="checkbox"/> Folie bzw. digitale Fassung von M 3 <input type="checkbox"/> Online-Zugang (www.gapminder.org) oder gapminder-tools (offline) <input type="checkbox"/> Tabellenkalkulation (o. Ä.) auf PC oder Handheld

4.–7. Stunde

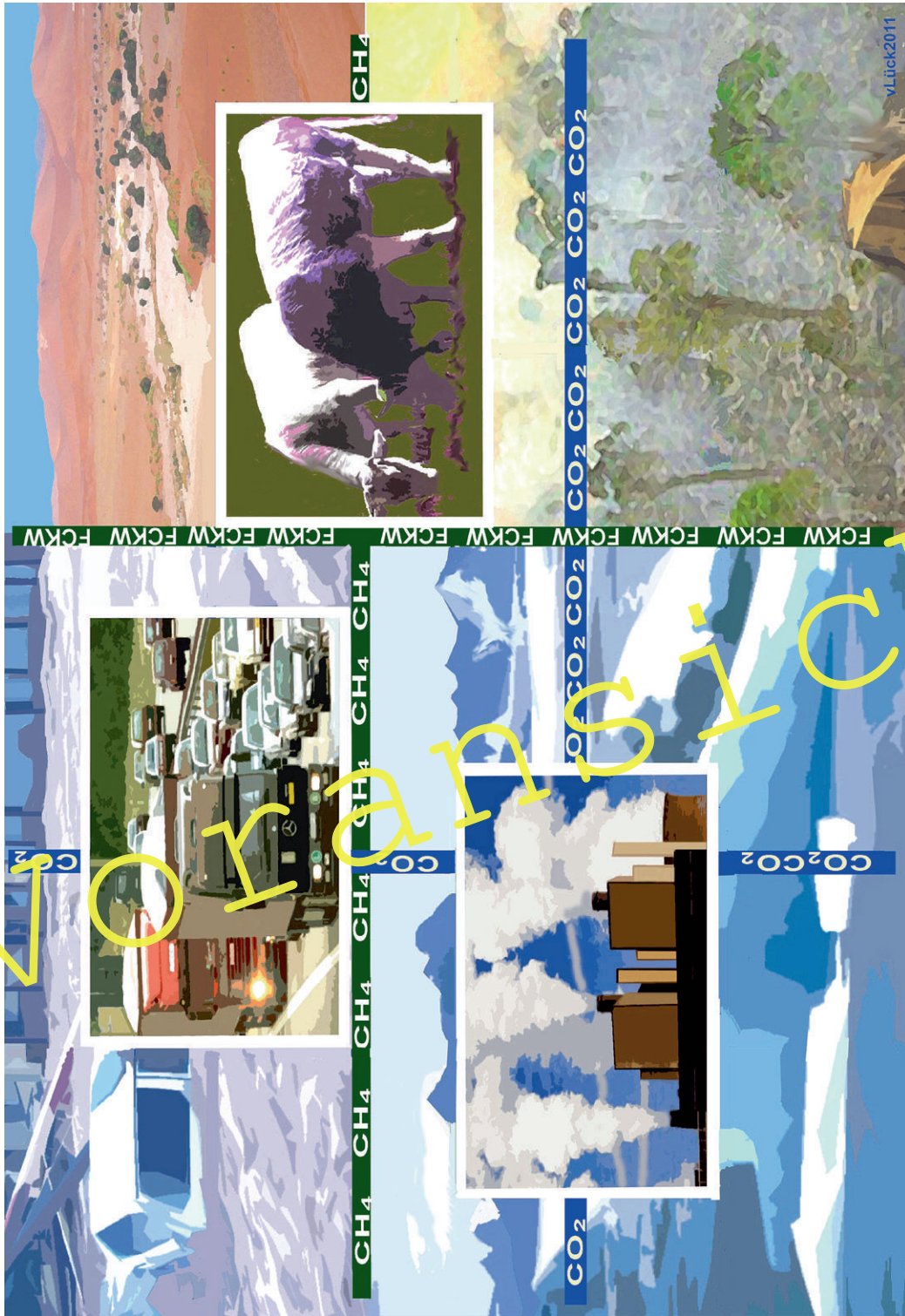
Thema:	Klimafolgen: Eisschmelze und Meeresspiegelanstieg
M 6	Eisschilde und Gletscher
M 7a / 7b	Das arktische Meereis-Minimum
M 8	Meeresspiegel steigt schneller als gedacht
Benötigt:	<input type="checkbox"/> OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard (optional) <input type="checkbox"/> Folie bzw. digitale Fassung von M 7a + Rasterfolie (optional) <input type="checkbox"/> Tabellenkalkulation (o. Ä.) auf PC oder Handheld

8–9. Stunde

Thema:	Was ist zu tun?
M 9	Das Deutlich-unter-zwei-Grad-Ziel
Einsetzbar ab	Jahrgangsstufe 9 (nur Aufgaben 1 und 2), Jahrgangsstufe 12 (Aufgabe 3), für die letzte Aufgabe werden Kenntnisse aus der Analysis vorausgesetzt
Benötigt:	<input type="checkbox"/> OH-Projektor bzw. Beamer/Whiteboard (optional) <input type="checkbox"/> Folie bzw. digitale Fassung von M 9 (optional) <input type="checkbox"/> PC oder Handheld

Einstiegsfolie zum Klimawandel

M 1



© RAABE 2019

© Willi van Lück, ehemaliger Mathematiklehrer und Künstler, 2011

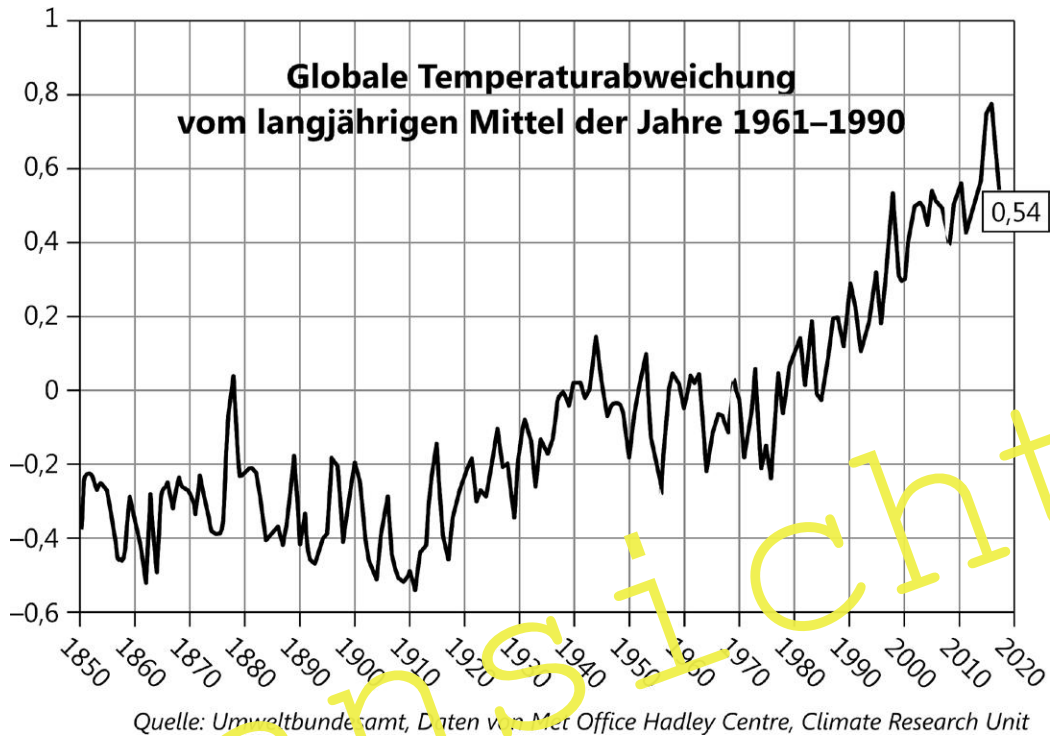
M 2

Die Erde hat Fieber – Veränderung der Temperatur

Jahr	Temp.- Abweichung (°C) *)
1987	0,191
1988	0,199
1989	0,118
1990	0,296
1991	0,254
1992	0,103
1993	0,145
1994	0,206
1995	0,321
1996	0,180
1997	0,389
1998	0,536
1999	0,306
2000	0,293
2001	0,439
2002	0,497
2003	0,508
2004	0,448
2005	0,544
2006	0,505
2007	0,492
2008	0,394
2009	0,506
2010	0,556
2011	0,421
2012	0,469
2013	0,512
2014	0,575
2015	0,760
2016	0,773
2017	0,542

*) vom langjährigen
Mittel der Jahre
1961 bis 1990

Die Grafik zeigt die Veränderungen der globalen Durchschnittstemperatur im Vergleich zum Mittel der Referenzperiode (1961–1990). Die Tabelle links gibt die Einzelwerte der Temperaturabweichung der letzten 30 Jahre wieder. Wie man aus der Grafik ablesen kann, liegt die Durchschnittstemperatur für die letzten 50 Jahre des 19. Jahrhunderts schätzungsweise noch etwa 0,3 °C niedriger.



© RAABE 2019

Aufgaben

- Informieren Sie sich, wie die globale jährliche Temperaturabweichung bestimmt wird und warum man nicht die absoluten Werte misst. Recherchieren Sie ggf. aktuelle Zahlen. Geben Sie an, um wie viel Grad Celsius die Höchstwerte der letzten Jahre über den Durchschnittswerten der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts liegen.
- Erstellen Sie selbst mit einem geeigneten Werkzeug ein Punkte-Diagramm für die letzten 30 Jahre. Berechnen Sie, um wie viel Grad Celsius sich die globale Temperatur für diesen Zeitabschnitt pro Jahr im Schnitt erhöht hat.
- Zeichnen Sie eine Trendgerade für die 30-Jahre-Periode ein und schätzen Sie auf dieser Basis ab, wann die vom Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) als möglichst einzuhaltende Veränderungsgrenze von 1,5 bis 2 °C bei einem „Weiter wie jetzt“-Szenario erreicht wird.

M 4

Die größten CO₂-Emittenten

Die Tabelle enthält die CO₂-Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (incl. Zementproduktion) bis 2014 (aktuellste Zahlen).

	CO ₂ -Emissionen in Mt					CO ₂ -Emissionen in Gt 1800 - 2014	Bevölkerung (Mio) 2014
	1995	2000	2005	2010	2014		
1. China	3320	3405	5897	8776	10 292	174	1364
2. United States	5133	5694	5790	5396	5254	376	319
3. India	812	1032	1223	1720	2238	46	1294
4. Russian Fed.	1631	1558	1615	1671	1705	151	144
5. Japan	1183	1221	1239	1172	1214	59	127
6. Germany	864	830	797	759	720	87	81
Brazil	258	328	347	420	530	13	204

Quelle: Datenbank der Weltbank und Berechnungen des Autors Antonius Warmeling, Hagen

Aufgaben

- Verschaffen Sie sich einen Überblick:
 - Zeichnen Sie ein Punktediagramm (1995–2014), das die Zeitreihen für die aktuell sechs größten CO₂-Emittenten weltweit visualisiert. Was fällt Ihnen besonders auf?
 - Wie ändert sich deren Reihenfolge (für 2014), wenn Sie die Pro-Kopf-Emissionen zugrunde legen?
 - Wie ändert sich die Reihenfolge, wenn Sie die historischen Emissionen zugrunde legen?
- Bewerten Sie die nachfolgenden Aussagen aus mathematischer Sicht:
 - „Die Volksrepublik ist bis heute der Klimasünder Nummer eins und für nahezu ein Drittel der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich.“ (**Lee, Felix:** Kohlefreie Zone Peking, in: *Zeit Online* vom 17.10.2017)
 - „Erstes Jahr unter Trump: Ausgerechnet die USA haben 2017 die weltweit beste CO₂-Bilanz“ (Ergänzung aus der Originalstudie: Die Emissionen lagen rund 800 Mt unter ihrem Maximum in 2000 und hatten damit den größten absoluten Rückgang weltweit seit 2000). (**Unbekannt:** *Erstes Jahr unter Trump: Ausgerechnet die USA haben 2017 die weltweit beste CO₂-Bilanz*, *Epoche Times* vom 24. März 2018)
 - „200 Jahre – Bilanz: Sieben Staaten sind (...) für 63 Prozent der Klimaerwärmung verantwortlich: die USA, China, Russland, Brasilien, Indien, Deutschland und Großbritannien.“ (**Bojanowski, Axel:** *Forscher zeigen Rangliste der Klimasünderstaaten*, in: *Spiegel Online* vom 17.01.2014)

Hinweis: Hier sind auch die Emissionen aus LUC (Land Use Change) und die anderen Klimagase wie Methan etc. mitgerechnet.

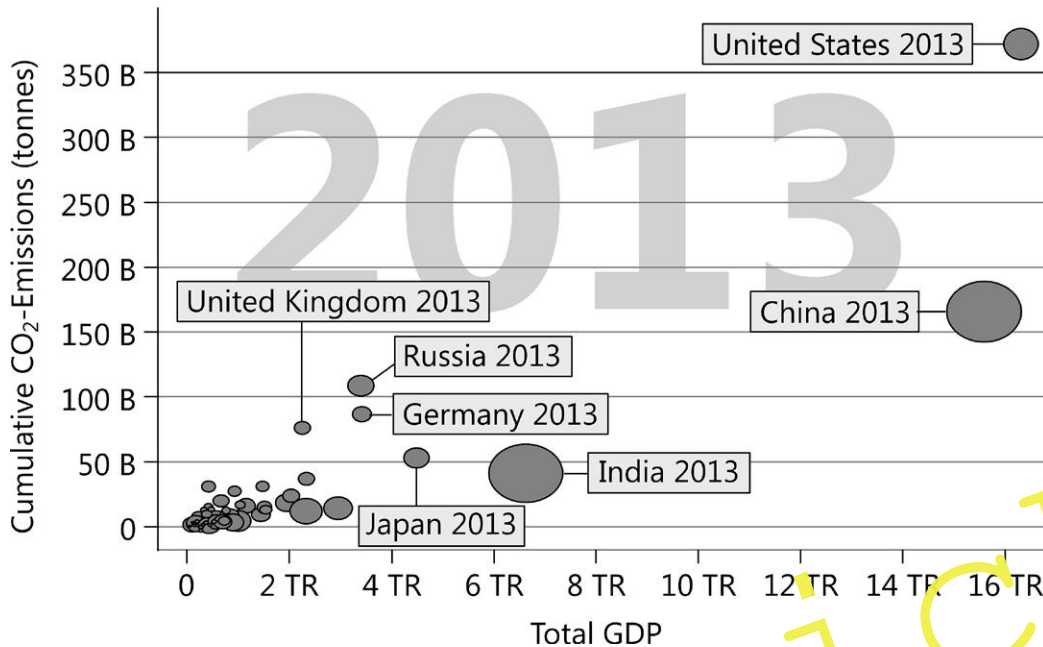
- „Dem Klimawandel kann nur in Asien, Afrika und Südamerika entgegengewirkt werden, dort findet die ‚Bevölkerungsexplosion‘ statt.“ (Post auf Facebook)

Historische Dimensionen

M 5



Die Grafik zeigt die historischen CO₂-Emissionen (1751–2013, B = billion tons) in Abhängigkeit vom GDP (gross domestic product, TR = trillion US-Dollar). Jeder Kreis steht für ein Land, die Flächenmaßzahl ist proportional zur Bevölkerungszahl.



Grafik: Export aus den Gapminder Tools offline v.4.00 (dataset v. 1.16.1), A. Warming, digitalisiert v. Dr. W. Zettlmeier

Aufgaben

- Übersetzen Sie die Achsenbeschriftungen ins Deutsche und erklären Sie die Größenordnungen. Beachten Sie die unterschiedliche Bedeutung billion (engl.) und Billion (deutsch) ebenso wie trillion und Trillion.
 - Erläutern Sie mit Ihren Worten, welche Informationen die Grafik und insbesondere die namentlich gekennzeichneten Punkte liefern.
- Die Grafik können Sie sich unter <https://www.gapminder.org/> selbst generieren.

Klicken Sie dazu auf *Tools* und stellen Sie für die beiden Achsen die richtigen Größen ein. Wählen Sie dort jeweils auch eine lineare Skala. Auf der rechten Seite sollte unter *size* Population ausgewählt sein. Mit der Zeitleiste unten können Sie nun die Entwicklungen der letzten 200 Jahre im Zeitraffer ablaufen lassen. Beschreiben Sie (mindestens) drei Entwicklungen, die Ihnen auffallen.

M 6

Eisschilde und Gletscher



Jacqueline Schmid, Schmid-Reportagen via Pixabay (CCO)

Information 1: Max-Planck-Institut für Meteorologie

Die Antarktis stellt den weltweit größten Speicher an Süßwasser dar. Zurzeit wird das Volumen auf etwa 24,7 Mio. Kubikkilometer geschätzt. Der zweitgrößte Speicher ist der Grönländische Eisschild. Sein Volumen beträgt etwa 2,9 Mio. Kubikkilometer. Seit ca. 1850 wird in vielen Gebirgen ein Rückgang der Gletscher beobachtet. Dieses Abschmelzen führt direkt zum Anstieg des Meeresspiegels, da das Schmelzwasser letztlich in den Ozean gelangt. Zurzeit beträgt das Volumen der Gletscher (ohne Grönland und Antarktischgletscher) etwa 0,05–0,13 Mio. Kubikkilometer.

Information 2: Frankfurter Rundschau vom 10.4.2019

„Diese Zahlen dürften die Vorstellungskraft der meisten Menschen überschreiten. Kaum fassbare 9623 Milliarden Tonnen haben die Gletscher weltweit zwischen 1961 und 2016 an Eis eingebüßt. Verloren ging es durch Schmelze – was wiederum zu mehr Wasser in den Ozeanen geführt hat. (...) Das entspricht 25 bis 30 Prozent des gesamten Anstiegs seit 1961.“

Aufgaben

1. Erklären Sie, warum das Abschmelzen von Eisschilden und Gletschern im Gegensatz zum Meer-eis zu einer Erhöhung des Meeresspiegels führt.
2. a) Berechnen Sie, um wie viele Zentimeter sich der Meeresspiegel hebt, wenn die großen Eis-speicher wie Antarktis, Grönländisches Eisschild oder die Gletscher komplett abschmelzen.
Tipp: Für eine grobe Abschätzung reicht es, davon auszugehen, dass zwei Drittel der Erd-oberfläche von Wasser bedeckt sind.
 b) Ermitteln Sie, um wie viele Zentimeter der Meeresspiegel seit 1961 angestiegen ist.
3. a) Stellen Sie sich einen Berg aus dem gesamten abgeschmolzenen Gletschereis vor. Welche Ausmaße hätte er?
 b) Schätzen Sie ab, wie viel Prozent des gesamten Gletschereises bisher geschmolzen sind.



Das arktische Meereis-Minimum

M 7a

Die beiden Bilder zeigen die minimale Ausbreitung des arktischen Meereises einmal am 16.9.1984, einmal am 13.9.2012. Das Minimum liegt immer am Ende des Sommers (Anfang September).



© NASA Earth Observatory image by Jesse Allen, using data from the Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 AMSR-2 sensor on the Global Change Observation Mission 1st-Water (GCOM-W1) satellite. Caption by Michon Scott and Mike Carlowicz

Aufgaben

1. Schätzen Sie mit einem geeigneten Verfahren aus den Bildern ab, um wie viel Prozent sich das arktische Meereisminimum zwischen 1984 und 2012 verringert hat.
2. Recherchieren Sie, welche Vor- und Nachteile diese Entwicklung hat (z. B. Stichwort: Albedo-Effekt).

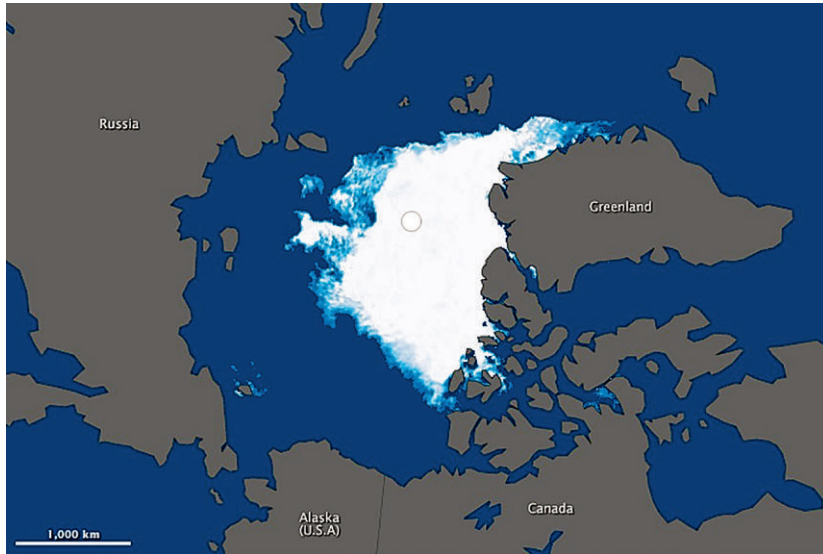
M 7b

Das arktische Meereis-Minimum



Die beiden Bilder zeigen die minimale Ausbreitung des arktischen Meereises einmal am 16.9.1984, einmal am 13.9.2012. Die Tabelle daneben gibt die Entwicklung der letzten 40 Jahre wieder.

Jahr	Eisfläche Mio. km ²
1979	6 998 892
1980	7 862 303
1981	7 203 628
1982	7 342 439
1983	7 537 162
1984	6 839 269
1985	6 790 227
1986	7 387 940
1987	7 298 439
1988	7 468 999
1989	7 183 830
1990	6 324 112
1991	6 455 795
1992	7 294 792
1993	6 220 625
1994	7 150 741
1995	6 084 582
1996	7 593 789
1997	6 845 362
1998	6 425 788
1999	6 178 309
2000	6 373 632
2001	6 798 660
2002	5 814 063
2003	6 211 163
2004	6 064 217
2005	5 496 228
2006	5 968 886
2007	4 220 925
2008	4 714 050
2009	5 314 919
2010	4 857 586
2011	4 512 820
2012	3 404 543
2013	5 174 752
2014	5 257 618
2015	4 593 914
2016	4 325 422
2017	4 811 456



© NASA Earth Observatory image by Jesse Allen, using data from the Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 AMSR-2 sensor on the Global Change Observation Mission 1st-World (GCOM-W1) satellite. Caption by Michon Scott and Mike Carlowitz

© RAABE 2019

Aufgaben

- Berechnen Sie, um wie viel Prozent sich das arktische Meereisminimum zwischen 1984 und 2012 verringert hat.
 - Die Aussage „Arctic sea ice is now declining at a rate of 12.8 percent per decade, relative to the 1981 to 2010 average“ könnte als exponentielle Abnahme interpretiert werden. Begründen Sie, warum eine solche Aussage mathematisch nicht sinnvoll ist.
- Stellen Sie die zeitliche Entwicklung in einem Punktediagramm dar.
 - Lassen Sie eine lineare Trendfunktion einzeichnen und schätzen Sie mit ihrer Hilfe ab, wann das Meereis im arktischen Meer ganz verschwinden könnte, wenn der Trend so weitergeht.
- Recherchieren Sie, welche Vor- und Nachteile diese Entwicklung hat (z. B. Stichwort: Albedo-Effekt).

Quelle Daten:

<https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>

Hinweise und Erwartungshorizonte

Hinweise (M 1, M 2; 1. Stunde)

Der Einstieg in diese Reihe und auch in diese Stunde geschieht über das Bild Willi van Lücks „**Klimawandel**“ (M 1). Fordern Sie die Schüler auf zu beschreiben, was sie dort sehen. Die sich daraus ergebende Diskussion können Sie nutzen, um das Vorwissen der Schüler zu aktivieren und auf der Tafel oder mithilfe einer Kartenabfrage Ursachen und Folgen zu notieren (maximal 20 Minuten).

Der anschließende Einsatz von M 2 hängt von den Rahmenbedingungen ab. Für die Bearbeitung von Teilaufgabe a) brauchen Sie einen Online-Zugang, für Teil b) geeignetes Werkzeug (Excel, GeoGebra, Handheld o. Ä.). Wenn Ihre Schüler damit bisher noch wenig Erfahrungen haben, bietet es sich an dieser Stelle an, die Erstellung eines **Punktediagramms mit Trendgerade** anhand der hier gegebenen Daten exemplarisch zu besprechen.

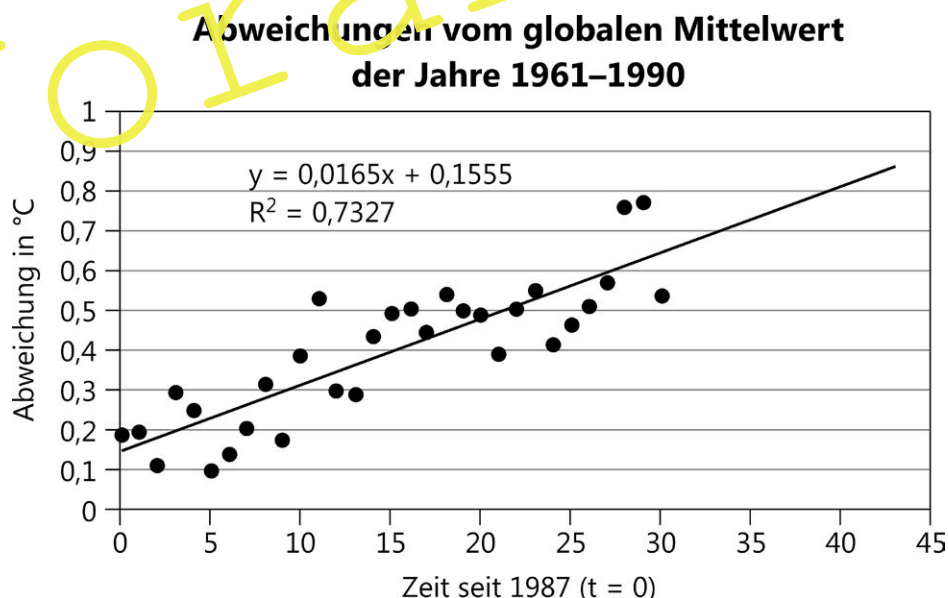
Erwartungshorizont (M 2)

- a) Wie die globale Durchschnittstemperatur ermittelt wird, kann man zum Beispiel beim Deutschen Wetterdienst nachlesen:

https://www.dwd.de/SharedDocs/faqs/DE/klima_faqqarussell/klimaaenderung_3.html

2016 wurde die höchste Temperaturveränderung mit 0,773 °C über dem langjährigen Mittel der Jahre 1961–1990 gemessen, d. h., in dem Jahr war es im globalen Durchschnitt also mehr als ein Grad (0,77 °C + 0,3 °C) heißer als in der vorindustriellen Zeit.

- b)/c) Wenn man den Mittelwert der jährlichen Veränderungen der Abweichung berechnet, kommt man auf 0,0117 °C/Jahr. Das ist aber nur die mittlere Steigung zwischen dem ersten und dem letzten Wert, die den Verlauf der Datenwolke nicht gut beschreiben.



Die Trendgerade besitzt die Gleichung $y = 0,0165x + 0,1555$. Danach liegt die jährliche Steigerung bei etwa 0,0165 °C/Jahr.

Setzt man $y = 1,5$ (bzw. $y = 2$), so erhält man $x \approx 81,5$ (bzw. $x \approx 111,8$). Wenn es so weitergeht wie bisher, ist also etwa 2068 eine Überschreitung des 1,5 °C-Ziels zu erwarten, am Ende des 21. Jahrhunderts (2099) wäre dann auch das 2 °C-Ziel verfehlt.