

## KLIMAWANDEL - LÖSUNGEN

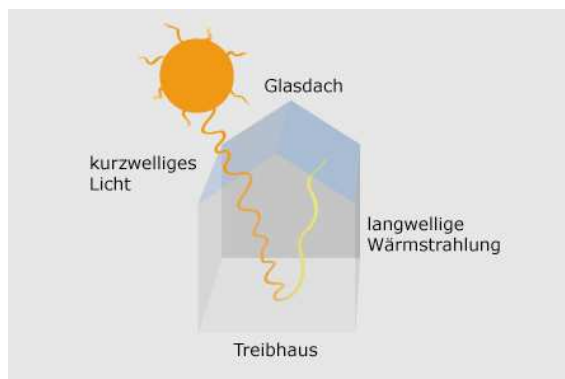
### EINSTIEG



### AUFGABE:

Vergleiche diese beiden Skizzen des Eigergletschers. Welche Unterschiede fallen dir auf? Wie kam es zu den Veränderungen? Diskutiert zu zweit.

### LEBEN IM TREIBHAUS



In einem Treibhaus – zum Beispiel einem Gewächshaus aus Glas – ist es immer wärmer als im Freien. Warum eigentlich?

Sonnenlicht ist energiereiche, kurzwellige Strahlung. Diese kann ungehindert durch das Glas des Treibhauses eindringen. Beim Auftreffen erwärmen die Lichtstrahlen die Oberfläche.

Diese warmen Flächen strahlen langwellige Wärmestrahlen zurück. Diese können das Treibhaus durch die Glasscheiben nicht verlassen. Die Wärme bleibt im Treibhaus gefangen. Auf der Erde existiert ein Mechanismus, der ganz ähnlich wie ein Treibhaus funktioniert und aus diesem Grund Treibhauseffekt genannt wird.

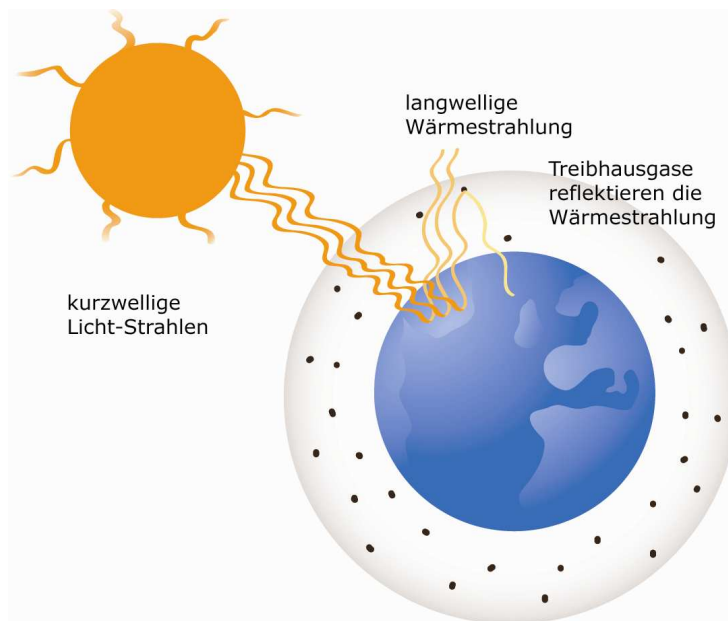
Würden die langwellige Wärmestrahlung der Erde ungehindert ins All abstrahlen, läge die Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche gerade mal bei  $-18^{\circ}\text{C}$ . Tatsächlich herrscht auf unserem Planeten aber eine Durchschnittstemperatur von ca.  $14^{\circ}\text{C}$ . Wodurch kommt dieser Unterschied zustande?

Die Erde ist von einer Gashülle, der Atmosphäre, umgeben. Sie besteht zum grössten Teil aus Stickstoff und Sauerstoff (99%). Den kleinen Rest bilden Wasserdampf, Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

Diese Spurengase wirken wie die Glasscheibe im Gewächshaus: Das kurzwellige Sonnenlicht kann ungehindert eindringen, die langwellige Wärmestrahlung wird dagegen zum grössten Teil reflektiert. Dieser natürliche Treibhauseffekt sorgt dafür, dass wir auf der Erde nicht bei  $-18^{\circ}\text{C}$  frieren müssen. Diese Spurengase werden deshalb auch Treibhausgase genannt.

### AUFGABEN:

1. Stelle den natürlichen Treibhauseffekt zeichnerisch möglichst genau dar.



2. Welche Spurengase in der Atmosphäre bewirken den natürlichen Treibhauseffekt?

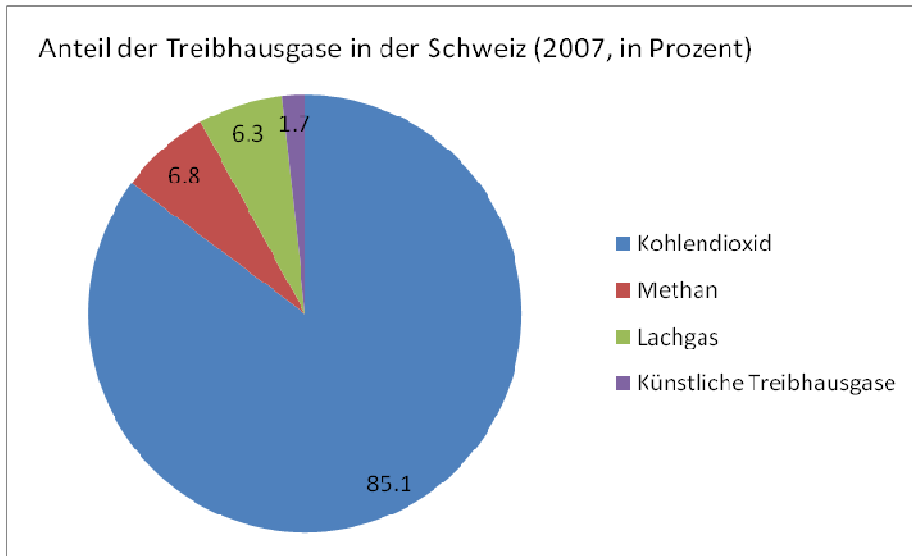
Wasserdampf, Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ).

3. Erkläre den Treibhauseffekt in eigenen Worten.

Das kurzwellige Sonnenlicht dringt relativ ungehindert durch die Atmosphäre ein und trifft auf die Erdoberfläche. Die Atmosphäre ist für die kurzwellige Sonneneinstrahlung durchlässig. Auf der Erde werden die Lichtstrahlen in Wärme umgewandelt. Die Wärme wird wieder Richtung Atmosphäre abgestrahlt. Die langwellige Wärmestrahlung kann die Atmosphäre mit ihren natürlichen Treibhausgasen aber nur teilweise durchdringen. Die Treibhausgase in der Atmosphäre verhindern, dass die langwellige Wärmestrahlung in den Weltraum zurückgestrahlt wird. Die Wärmestrahlung wird dadurch zurückgehalten und erwärmt die Erdoberfläche.

## DER MENSCH VERSTÄRKT DEN TREIBHAUSEFFEKT

Der Mensch verstärkt den natürlichen Treibhauseffekt, indem er durch seine Aktivitäten zusätzliche Treibhausgase in die Luft freisetzt. Dies führt zu einer zusätzlichen Erwärmung der Erde. Folgende Treibhausgase stösst die Schweiz aus (Zahlen BAFU, 2007):

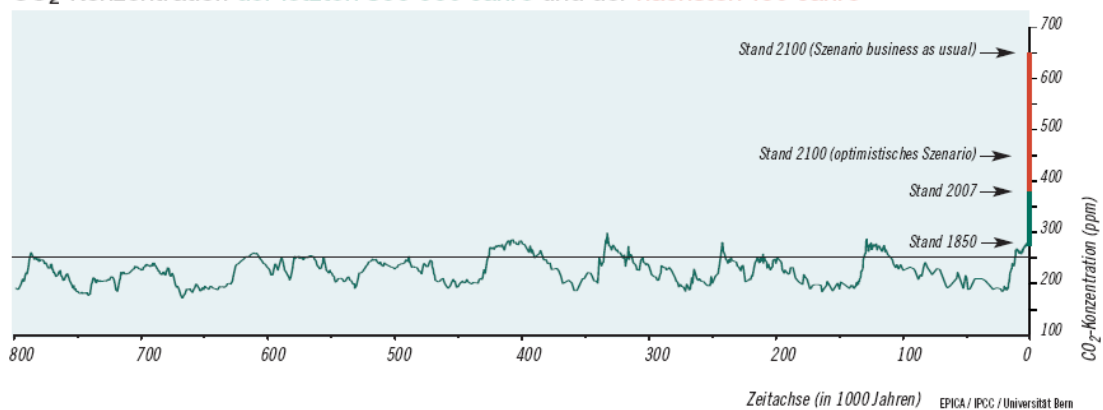


### Kohlendioxid, das dominante Treibhausgas

Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ist das dominante Treibhausgas. Seit Beginn der Industrialisierung (ab 1750) hat der Ausstoss von Kohlendioxid weltweit sprunghaft zugenommen. Grund dafür ist der Verbrauch von Kohle, Erdgas und Erdöl. Diese fossilen Rohstoffe wurden über Jahrmillionen in den Tiefen der Erde gespeichert. Motoren, Heizungen oder industriellen Prozessen setzen seit rund 200 Jahren riesige Mengen an CO<sub>2</sub> frei, welche den natürlichen Treibhauseffekt verstärken.

Mit Bohrkernen im Eis der Antarktis und darin eingeschlossenen Luftblasen konnten Wissenschaftler die CO<sub>2</sub>-Konzentration der vergangenen 800'000 Jahre nachzeichnen:

### CO<sub>2</sub>-Konzentration der letzten 800 000 Jahre und der nächsten 100 Jahre



Quelle: Bundesamt für Umwelt BAFU.

### AUFGABEN:

1. Wie hoch war die CO<sub>2</sub>-Konzentration 1850 und 2007 (ungefähr). Um wie viele Prozent hat die CO<sub>2</sub>-Konzentration von 1850 bis 2007 zugenommen (1850 = 100%)?  
(ppm ist eine Einheit für die Konzentration und bedeutet «parts per million» zu deutsch «Teile von einer Million»)

1850: ca. 280 ppm; 2007: 385 ppm; Zunahme: ca. 37%

2. Wann war der CO<sub>2</sub>-Gehalt der Atmosphäre in den vergangenen 800'000 Jahren gleich hoch wie heute?

Noch nie! Mit dem weiteren verbrennen fossiler Rohstoffe wird der Wert weiter steigen (siehe Szenarien)

### Methan und Lachgas aus Land- und Abfallwirtschaft

Neben Kohlendioxid produziert der Mensch auch zusätzlich Methan und Lachgas. Methan entsteht v.a. in der Landwirtschaft (Viehzucht) und auf Abfalldeponien. Lachgas entsteht bei der Produktion und dem Einsatz von Dünger.

### Künstliche Treibhausgase

Der Mensch erhöht nicht nur die Konzentration der natürlichen Treibhausgase, er erzeugt zusätzlich auch künstliche, synthetische Treibhausgase:

Künstliche Treibhausgase	Verwendung
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)	Heute verboten, weil diese Stoffe die Ozonschicht schädigen, früher als Kühlmittel und als Treibgas in Spraydosen verwendet
Wasserstoffhaltige Fluorkohlenwasserstoffe (HFC)	Kühlmittel (Kühlschränke, Klimaanlage), Herstellung von Schaumstoffen, als Treibgas in Spraydosen
Perfluorierte Kohlenwasserstoffe (PFC)	Kühlmittel (Kühlschränke, Klimaanlage), Herstellung von Schaumstoffen, als Treibgas in Spraydosen
Schwefelhexafluorid (SF <sub>6</sub> )	Elektrotechnik, Herstellung von Magnesium

Alle diese Gase kommen in der natürlichen Zusammensetzung der Erdatmosphäre nicht vor. Zwar ist ihre Konzentration in der Luft vergleichsweise gering, ihre Auswirkungen auf den Treibhauseffekt sind jedoch enorm. Ein besonderes Problem der synthetischen Treibhausgase ist ihre zum Teil außerordentlich lange Verweildauer in der Atmosphäre –bis mehrere Tausend Jahre.

## AUFGABEN:

1. Wie ist der Mensch am Treibhauseffekt beteiligt? Erkläre den vom Menschen verursachten Treibhauseffekt.

Der anthropogene Treibhauseffekt ist eine Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts. Er entsteht durch vom Menschen verursachte Emissionen von Treibhausgasen. Haupttreibhausgas ist CO<sub>2</sub>. Es entsteht durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Methan und Lachgas entstehen durch die intensive Landwirtschaft. Gleichzeitig setzt der Mensch in der Industrie auch synthetische Treibhausgase frei. Am bekanntesten sind die FCKW, welche heute verboten sind.

2. Treibhausgase bleiben über lange Zeit hinweg in der Atmosphäre aktiv. Warum ist diese lange Verweildauer problematisch?

Wenn wir heute den Ausstoss an Treibhausgasen vermindern, wirkt dies nicht unmittelbar sondern erst in Jahrzehnten. Veränderungen (Verbesserungen) werden erst mit einiger Verzögerung eintreten.

3. Das CO<sub>2</sub> stammt hauptsächlich aus der Verbrennung fossiler Energieträger. Es trägt am stärksten zum Treibhauseffekt bei – in der Schweiz und weltweit. Nenne einige Beispiele aus dem täglichen Leben, bei denen CO<sub>2</sub> freigesetzt wird.

### Verkehr:

Motorfahrzeuge, Flugzeuge, aber auch Bahn und Bus (Die Bahn erzeugt pro Passagier 4-mal weniger CO<sub>2</sub> als ein Flugzeug und 3.5-mal weniger als ein Auto.). Der Verkehr verursacht in der Schweiz ca. 40% der Treibhausgas-Emissionen.

### Wohnen:

Heizen, Warmwasser, Stromverbrauch im Haushalt (Licht, Computer, Stereoanlage, TV, Kochen, Kühlschrank, ...)  
Mit dem hohen Anteil an Wasser- und Atomstrom ist der Treibhausgas-Ausstoss bei der Stromproduktion in der Schweiz relativ gering.

### Konsum:

Produktion, Transport, Lagerung, Verkauf und Entsorgung von Nahrungsmitteln, Kleidern und anderen Gütern des täglichen Bedarfs verschlingt Energie und verursacht Treibhausgase. Weitgereiste Produkte, z.B. Erdbeeren aus Südafrika, verursachen grosse CO<sub>2</sub>-Emissionen.

## TREIBHAUSGASE UND KLIMAERWÄRMUNG

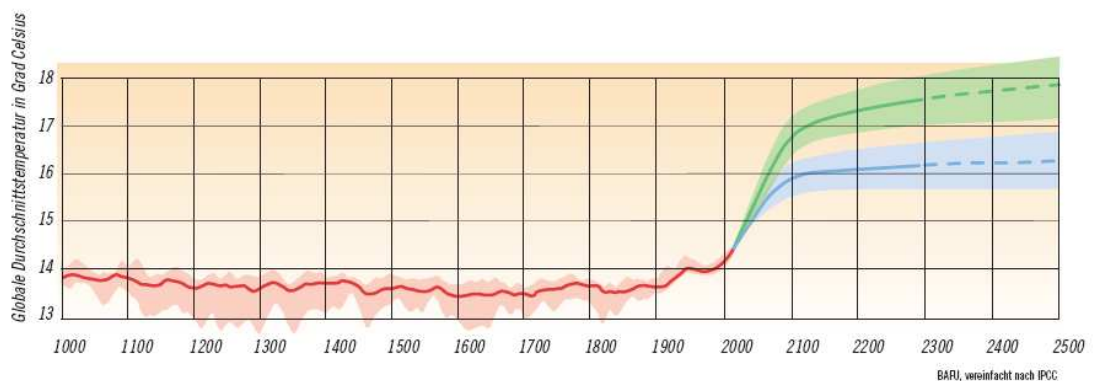
Je höher die Konzentration von Treibhausgasen in der Atmosphäre ist, desto mehr Wärmestrahlen werden zurückgestrahlt, was zu einer Zunahme der bodennahen Temperatur führt. Die Analyse von Eisbohrkernen zeigt, dass eine hohe CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre in den vergangenen 600'000 Jahren immer gekoppelt war mit höheren Temperaturen.

Im letzten Jahrhundert wurde eine Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur um circa 0,7°C festgestellt. In der Schweiz stiegen die mittleren Jahrestemperaturen noch stärker – nämlich um 1,5°C.

Klimaschwankungen gab und gibt es in der Geschichte der Erde immer wieder (verursacht durch Warm- und Kaltzeiten, Sonnenaktivitäten, Vulkanausbrüche etc.). Beunruhigend sind nicht unbedingt die Temperaturveränderung an sich und auch nicht die Grössenordnung des Temperaturanstieges, sondern die Geschwindigkeit der Veränderungen in den vergangenen 100 Jahren. Seit ungefähr 1970 kann das Klimageschehen nicht mehr allein mit natürlichen Schwankungen erklärt werden. Für die aktuellen Phänomene kommen deshalb nur menschliche Einflüsse in Frage.

### AUFGABEN:

1. Betrachte die folgende Grafik. Um wie viel Grad wird die globale Durchschnittstemperatur bis ins Jahr 2100 ansteigen...



Quelle: Bundesamt für Umwelt BAFU.

- a) ... wenn die Klimaerwärmung im selben Masse voranschreitet?  
2,0 – 3,0° C
  - b) ... wenn wir es schaffen, die Treibhausgasemissionen zu reduzieren?  
1,1 – 1,8° C
2. Kommentiere folgende Aussage: «Den Klimawandel gibt es gar nicht. Zur Römerzeit war es ja auch viel wärmer als heute. Kalt- und Warmzeiten sind doch völlig normal!»

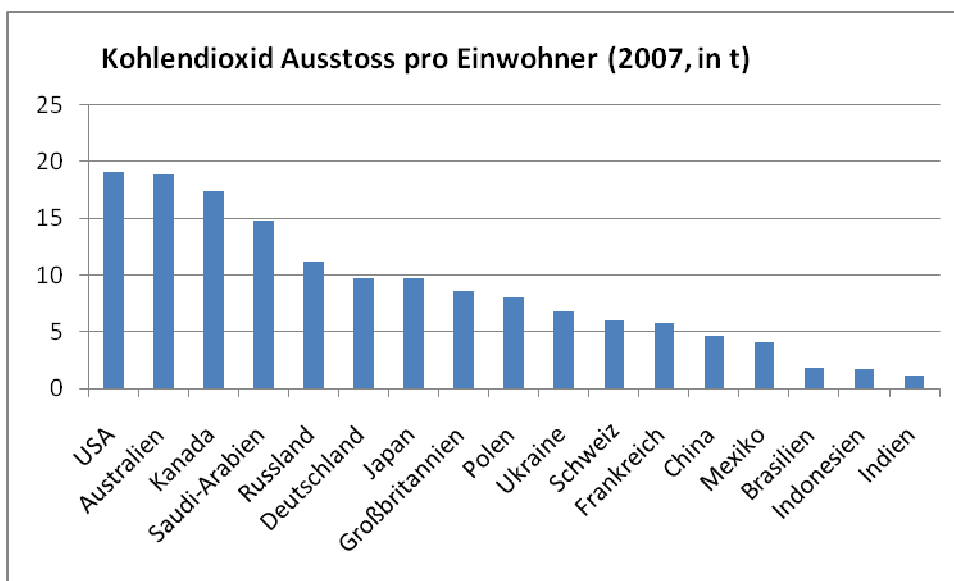
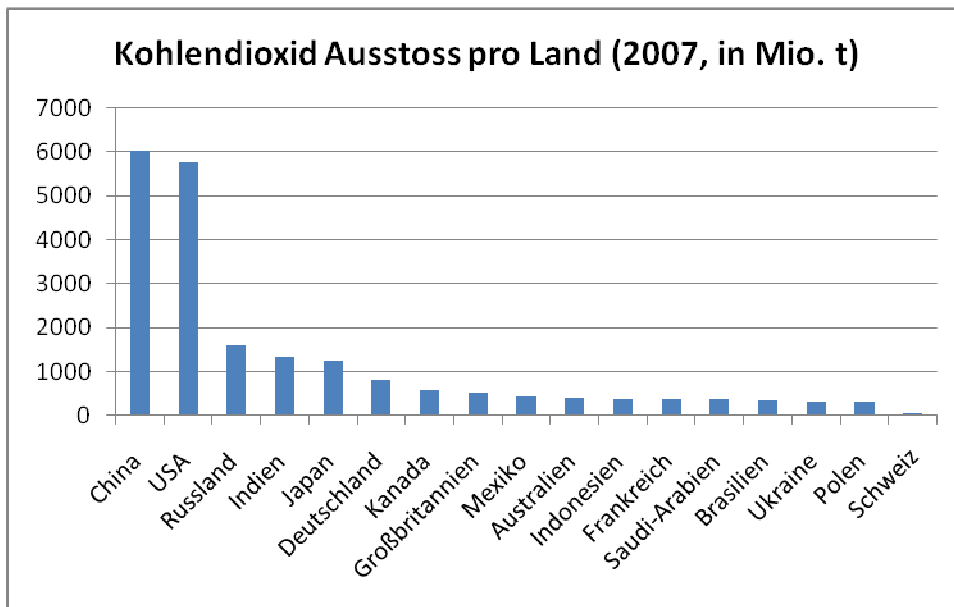
Es ist richtig, dass Klimaschwankungen in der Geschichte der Erde normal sind. Die heutige Entwicklung (seit ca. 1970) lässt sich aber mit diesen natürlichen Schwankungen nicht mehr erklären. Beunruhigend ist v.a. der drastische Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre. Etwas Ähnliches gab es zur Zeit der Römer mit Sicherheit nicht. Beim heute beobachteten Klimawandel geht es um ein globales und über mehrere Jahrzehnte beobachtetes Phänomen. Es wird immer wieder saisonale und regionale Abweichungen der globalen Tendenz geben, ohne dass diese damit aufgehoben würde (z.B. kalter Winter 09/10 in der Schweiz).

## LÄNDERUNTERSCHIEDE DER TREIBHAUSGASEMISSIONEN

Die hauptsächlichen Verursacher des vom Menschen verursachten Treibhauseffekts sind die Industrieländer in Nordamerika und Europa sowie Russland und Japan. Fünf Prozent der Weltbevölkerung leben in Nordamerika. Sie verursachen einen Viertel der gesamten Treibhausgase! Im weltweiten Durchschnitt beträgt die CO<sub>2</sub>-Emission pro Jahr und pro Person 4 Tonnen.

Schweizerinnen und Schweizer verursachen im Schnitt ca. 6 Tonnen CO<sub>2</sub> in einem Jahr.

### AUFGABEN:



Quelle: <http://www.agenda21-treffpunkt.de/archiv/09/daten/g3123.htm>

1. Betrachte die Grafiken! Welche 6 Länder, stossen jährlich am meisten Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) aus?

1. China
2. USA
3. Russland
4. Indien
5. Japan
6. Deutschland

2. In welchen Ländern wird pro Kopf am meisten Kohlendioxid pro Jahr ausgestossen?

1. USA
2. Australien
3. Kanada

3. Vergleiche die beiden Ranglisten. Wie erklärst du dir den Unterschied?

China ist gemessen am Totalausstoss von CO<sub>2</sub> der größte Klimasünder der Welt. Die USA wiederum verursachen pro Einwohner am meisten CO<sub>2</sub>. Als riesiges Schwellenland mit hoher Bevölkerungsdichte und zunehmender Industrialisierung weist China besonders hohe CO<sub>2</sub>-Emissionen auf. Chinas Bevölkerung ist aber im Vergleich zu den USA oder zu Europa nach wie vor arm, der Konsum ist gering. Werden die Emissionen pro Kopf verglichen, fällt China weit zurück in der Rangliste. Australien und Kanada haben dagegen eine relativ geringe Bevölkerungsdichte und einen hohen Lebensstandard, daher sind die Pro-Land-Emissionen nicht so hoch. Pro Kopf sieht die Situation aber ganz anders aus. Ähnlich die Schweiz: Als sehr kleines Land fallen die Gesamtemissionen nicht ins Gewicht. Pro Kopf stehen wir aber deutlich schlechter da als z.B. China. Klimasünder Nr.1 ist weltweit die USA. Deutschland schneidet im Vergleich zur Schweiz schlechter ab, weil dort ein grosser Teil der Stromproduktion in Kohlekraftwerken geschieht.