

# Klimawandel

## SACHINFORMATIONEN



Klimaquiz  
2008



MINISTÈRE  
DE L'ENVIRONNEMENT

in Zusammenarbeit mit:



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE ET DE LA FORMATION  
PROFESSIONNELLE

## Impressum

**Herausgeber:** Ministère de l'Environnement, 18, Montée de la Pétrusse, L-2918 Luxembourg

**Partner:** Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle,  
Naturmuseum, Action Solidarité Tiers Monde

**Konzeption, Layout und Illustrationen:** Loewner sàrl, [www.loewner.lu](http://www.loewner.lu)

**Redaktion:** Patrick Schaefer, Loewner  
Anna Charalampidou, freie Journalistin  
André Mousset, Naturmusée  
Claude Schock, Ministère de l'Education Nationale et de la Formation Professionnelle

**1. Auflage, Luxemburg 2007**

**Alle Rechte vorbehalten**

© Ministère de l'Environnement, 18, Montée de la Pétrusse, L-2918 Luxembourg

© Fotos: Dreamstime.com, Loewner, EU, EU2007.lu, Seite 5: Birgit Engel



MINISTÈRE  
DE L'ENVIRONNEMENT



MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION  
NATIONALE ET DE LA FORMATION  
PROFESSIONNELLE



## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> . . . . .	4
<b>1. Einleitung</b> . . . . .	6
1.1. Der Klimawandel in Zahlen . . . . .	7
<b>2. Definitionen: Klima, Wetter, Klimawandel</b> . . . . .	8
<b>3. Die Geschichte des Klimas</b> . . . . .	10
3.1. Klimageschichte . . . . .	10
3.2. Indirekte Klimadaten . . . . .	11
3.3. Klimaprognosen der nächsten 50 bis 100 Jahren . . . . .	12
3.4. Zusammenhänge zwischen Klima und geschichtlichen Ereignissen . . . . .	13
<b>4. Ursachen des Klimawandels</b> . . . . .	14
4.1. Wissenschaftliche Grundlagen zum natürlichen Treibhauseffekt . . . . .	14
4.2. Entstehung natürlicher Treibhausgase . . . . .	16
4.3. Anthropogene Ursachen . . . . .	17
4.4. Verursacher der Treibhausgas-Emissionen . . . . .	19
<b>5. Mögliche Folgen der globalen Erwärmung</b> . . . . .	20
5.1. Begriffe Klimawandel und globale Erwärmung . . . . .	21
<b>6. Klimaschutzmaßnahmen</b> . . . . .	22
<b>6.1. Klimaschutzmaßnahmen der Politik</b> . . . . .	22
6.1.1. Das Kyoto-Protokoll . . . . .	22
6.1.2. Das Intergovernmental Panel on Climate Change . . . . .	23
6.1.3. Die Situation in der EU . . . . .	23
6.1.4. Europäisches Programm zur Klimaänderung . . . . .	23
6.1.5. Der Emissionshandel . . . . .	24
6.1.6. Kritik . . . . .	24
6.1.7. Die Situation in Luxemburg . . . . .	25
<b>7. Klimaschutz im Alltag</b> . . . . .	26
7.1. Tipps für Zuhause . . . . .	26
7.2. Tipps für die Schule . . . . .	28
<b>8. Fragen und Arbeitsaufgaben</b> . . . . .	30
<b>9. Literatur und Linkhinweise</b> . . . . .	32
9.1. Literaturangaben . . . . .	32
9.2. Links: . . . . .	33

# Vorwort

Liebe Lehrerinnen und Lehrer,

Wir freuen uns sehr, dass Sie sich dazu entschlossen haben mit Ihren Schülerinnen und Schülern ein Projekt auszuarbeiten, das diesen helfen soll, den Klimawandel besser zu verstehen und auch den damit einhergehenden gesellschaftlichen Wandel mit Leichtigkeit und Kreativität anzugehen.

Mit diesem Sachheft also möchten wir Ihnen ein Werkzeug zur Hand geben, das Sie in der Aufgabe, die Sie sich gestellt haben, bestmöglich unterstützen soll. Sollten Sie aber zusätzliche Fragen oder Interesse haben, möchten wir Sie auf folgende Personen und Institutionen hinweisen :

Im Naturmuseum haben Sie und Ihre Klasse die Gelegenheit an einem Modul zum Thema Klimawandel teilzunehmen. Ansprechpartner ist hier André Mousset (Tel. 462 233 -1). Informationen finden Sie auch unter [www.mnhn.lu](http://www.mnhn.lu)

Die Action Solidarité Tiers Monde (ASTM) ist Ihnen gerne bei der Planung weiterer Unterrichtseinheiten behilflich: bitte wenden Sie sich an Frau Birgit Engel (Tel.: 400 427 - 29). Ausserdem steht das Centre d'Informations Tiers Monde für eigene Recherchen zur Verfügung.

Im Erziehungsministerium ist Claude Schock (Tel.: 478 5156) für Sie da, im Umweltministerium sind es Georges Gehl (Tel.: 478 6845) und Karin Riemer (Tel.: 478 6810).

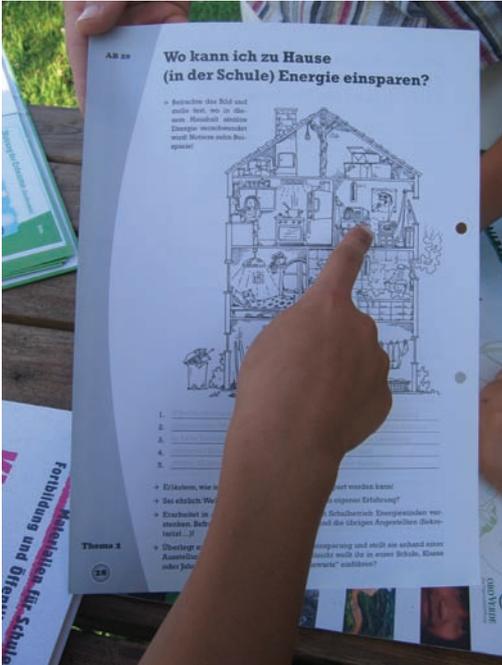
Wir bedanken uns sehr herzlich bei Ihnen für Ihr Engagement und wir wünschen Ihnen viele weitere Anregungen.

**Mady DELVAUX-STEHRÉS**

Erziehungsministerin

**Lucien LUX**

Umweltminister



# 1. Einleitung

Angesichts weltweit steigender Temperaturen und vermehrter Schreckensnachrichten über Naturkatastrophen wie Überflutungen, Orkane oder Hitzewellen drängt sich die Diskussion über den Klimawandel und seine Auswirkungen zunehmend ins Bewusstsein der Menschen. Wissenschaftler sind sich darüber einig, dass die Entwicklung der klimatischen Verhältnisse und die daraus resultierenden Folgen nur durch ein rigores Umdenken wenn schon nicht mehr gestoppt, doch wenigstens verlangsamt werden können. Weitsichtige Politiker haben ebenfalls erkannt, dass dem Klimaschutz eine größere Bedeutung als bisher eingeräumt werden muss. Dabei ist es wichtig, bereits Kinder in die Thematik einzuführen und für die Relevanz dieses Sujets zu sensibilisieren.

Mit diesem Dossier soll dem Lehrpersonal ein Instrument an die Hand gegeben werden, mit Hilfe dessen sie sich in die Thematik einarbeiten können. Neben der Vermittlung von fundiertem Wissen in verständlicher Sprache soll es ebenfalls dazu dienen, den Schülern Wege aufzuzeigen, wie sie selbst aktiv am Klimaschutz teilhaben können. Die übersichtlich gestalteten „Tipps für den Alltag“ sollen ihnen vorführen, dass sie mit einfachen Mitteln etwas bewirken können und ihnen gleichsam als Motivation dienen. Schließlich gilt als übergeordnetes Ziel, die Schüler dazu zu bringen, das Thema Klimaschutz in ihren Alltag zu integrieren und „sich einzumischen“, das heißt sich zu engagieren und ihr Wissen selbstbewusst weiterzugeben.

Der Text vermittelt zunächst Basiswissen rund um das Thema Klimaschutz. Dazu gehören Hintergrundinformationen, z.B. Definitionen zu Begriffen, wie Klima, Wetter, Atmosphäre, etc. Außerdem wird durch einen geschichtlichen Überblick ein kurzer Bericht über den derzeitigen Forschungsstand gegeben. Mit diesem Wissen sollte das Lehrpersonal über genügend Material verfügen, um für mögliche Fragen und weiterführende Diskussionen mit ihren Schülern gewappnet zu sein. Im Anschluss daran sind die bereits erwähnten „Tipps für den Alltag“ zu finden, die als solche an die Schüler weitergegeben werden können. Die abschließenden Fragen schließlich sind dazu geeignet, das erworbene Wissen der Schüler zu prüfen und zu festigen.

Klimaschutz ist ein wichtiges Thema insbesondere für die junge Generation. Indem wir uns unserer Verantwortung für die Bürger von morgen bewusst werden, ist der erste wichtige Schritt zu einer gesünderen und sauberen Umwelt bereits getan.



Ende der siebziger Jahren waren viele Klimaforscher noch davon überzeugt, dass der Planet auf eine neue Eiszeit zusteuert. Damals wusste man bereits vom Zusammenhang zwischen CO<sub>2</sub> und dem Treibhauseffekt. Einige Forscher hofften, mit Hilfe der durch den Menschen verursachten CO<sub>2</sub> Emissionen den Eintritt in eine neue Eiszeit herauszuzögern.

## 1.1. Der Klimawandel in Zahlen (IPCC\* Bericht Februar 2007)

- Die Erwärmung des Klimasystems ist ohne jeden Zweifel vorhanden. Die globale Oberflächentemperatur ist um  $+0,74^{\circ}\text{C}$  gestiegen, 11 der letzten 12 Jahre waren die wärmsten seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Temperaturzunahme der letzten 50 Jahre schreitet doppelt so schnell voran wie in den letzten 100 Jahren, und die Arktis hat sich doppelt so stark erwärmt wie im globalen Mittel.
- Die Häufigkeit heftiger Niederschläge hat zugenommen.
- Rekonstruierte Daten aus Beobachtungen und anderen Quellen, wie z. B. Baumringdaten, deuten darauf hin, dass die Temperaturen der letzten 50 Jahre sehr wahrscheinlich höher waren als jemals zuvor in den vergangenen 500 Jahren.
- Die schneebedeckte Fläche hat seit 1980 um etwa 5% abgenommen.
- Weltweit schrumpfen die Gletscher und tragen gegenwärtig mit 0,8 mm pro Jahr zum Meeresspiegelanstieg bei.
- Das Meereis verzeichnet in der Arktis seit 1978 einen Rückgang im Jahresmittel um 8% und im Sommer um 22%. In der Antarktis ist kein Rückgang zu sehen.
- Die Eisschilde auf Grönland und der Antarktis verlieren gegenwärtig Masse durch Schmelzen und Gletscherabbrüche und tragen 0,4 mm pro Jahr zum Meeresspiegelanstieg bei.
- Die Temperaturen in den oberen Schichten des Permafrostbodens haben sich seit 1980 um  $3^{\circ}\text{C}$  erwärmt, die Ausdehnung des saisonal gefrorenen Bodens hat seit 1900 um 7% abgenommen, im Frühling sogar um 15%.
- Die Ozeane sind im globalen Mittel wärmer geworden, bis zu Tiefen von 3000 m. Diese Erwärmung hat zum Anstieg des Meeresspiegels beigetragen.
- Der Meeresspiegel ist seit 1993 durchschnittlich um etwa 3 mm pro Jahr gestiegen, im 20. Jahrhundert um 17 cm. Davon ist etwas mehr als die Hälfte verursacht durch thermische Ausdehnung des wärmeren Ozeans, etwa 25% durch Abschmelzen der Gebirgsgletscher, und etwa 15% durch das Abschmelzen von der Eisschilde.
- Änderungen der meridionalen Umwälzbewegung im Atlantik (oft vereinfacht aber unzutreffend als "Golfstrom" bezeichnet) können aus den vorliegenden Daten nicht abgeleitet werden.
- Änderungen des Salzgehalts im Ozean sind ein Indikator für Änderungen von Niederschlag und Verdunstung und für den verstärkten Transport von Wasserdampf in der Atmosphäre von niedrigen zu höheren Breiten.

### \*IPCC

Etwa alle fünf Jahre legt der "Internationale Wissenschaftsrat zum Klimawandel" (IPCC) Rechenschaft ab über das Klimasystem der Erde und seine Auswirkungen auf den Menschen.

Mehr zum IPCC auf Seite 23.

### Pro Tag verbraucht die Menschheit:

- 10 Millionen Tonnen Erdöl
- 12,5 Millionen Tonnen Steinkohle
- 7,5 Milliarden Tonnen Erdgas

- Weltweit gibt es ca. 800 Millionen Autos
- 1000 ha Regenwald werden täglich abgeholzt

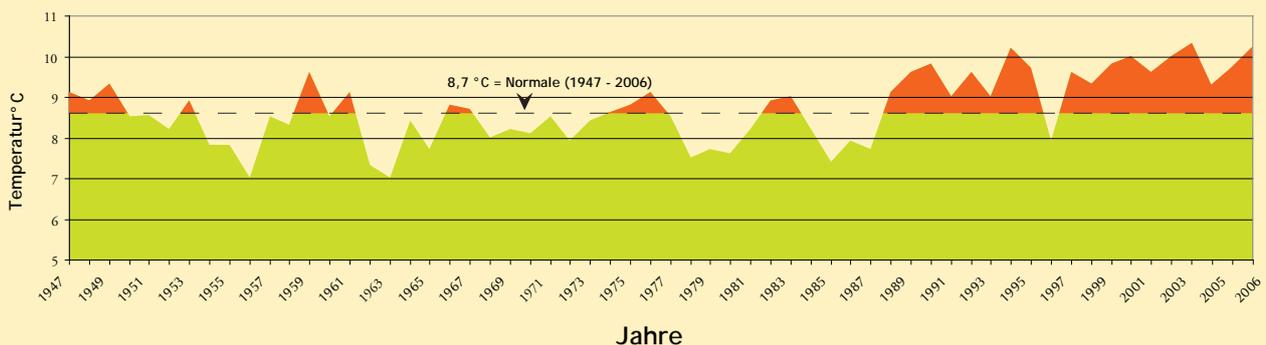
## 2. Definitionen: Klima, Wetter, Klimawandel

Klima wird als statistische Beschreibung des Wetters über eine längere Zeitspanne definiert, das heißt es werden die durchschnittlichen Werte von Temperatur, Niederschlag und Wind an einer bestimmten Stelle der Erdoberfläche bestimmt. Die Zeitspanne dieses „Durchschnittswetters“ wird von der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) mit mindesten drei Jahrzehnten definiert.

Im Gegensatz zum Klima, welches das Durchschnittswetter einer längeren Zeitspanne beinhaltet, bezeichnet der Begriff Wetter den spürbaren kurzfristigen Zustand der unteren Atmosphäre an einer bestimmten Stelle der Erdoberfläche. Wetter tritt u.a. als Niederschlag, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Luftdruck, Sonnenscheindauer, Bewölkung, Windstärke und Windrichtung in Erscheinung.

Wie wichtig es ist, die Begriffe Klima und Wetter voneinander abzugrenzen, zeigt sich in der Diskussion um den Klimawandel. Wie es der Begriff schon impliziert, betrifft das Phänomen des Klimawandels nicht nur das kurzfristige Wetter sondern eine lange Zeitspanne.

### Durchschnittstemperatur der Jahre 1947 - 2006



(Quelle: Flughafen FINDEL,  
Service Météorologique)



## 3. Die Geschichte des Klimas

Klima ist im ständigem Wandel begriffen. Mit Hilfe der Paläoklimatologie - der Wissenschaft, die die Klimageschichte erforscht - kann nachvollzogen werden, wie sich das Klima in der Vergangenheit gewandelt hat. Direkte Messdaten sind jedoch nur aus der jüngsten Vergangenheit (etwa 150 Jahre) verfügbar.

Informationen über das Klima der Erde vor diesem Zeitpunkt stammen von indirekten Daten und sind umso unsicherer als sie weiter zurückliegen.

### 3.1. Klimageschichte

Die Klimageschichte beginnt mit der Entstehung der Erde vor etwa 4,6 Milliarden Jahren. Eine wissenschaftliche Theorie besagt, dass zu diesem Zeitpunkt die bodennahe Temperatur etwa 180 °C betrug. Erst vor rund vier Milliarden Jahren sank die Temperatur zum ersten Mal unter 100 °C. Das Klima war heiß und trocken, es gab noch keine Meere, Niederschläge oder sonstiges flüssiges Wasser auf der Erde. Erst durch eine allmähliche Abkühlung erreichte der Wasserdampf seinen Kondensationspunkt, so dass sich flüssiges Wasser bilden konnte, durch das der Wasserkreislauf in Gang kam.

Es ist nachgewiesen, dass innerhalb mehrerer hundert Millionen Jahre sich Eiszeiten mit eisfreien Zeiten abwechselten. Ein Eiszeitalter ist dadurch gekennzeichnet, dass es auf der Erde vereiste Pole gibt. Der Großteil der Klimageschichte waren jedoch Warmzeiten (z. B. zu Zeiten der Dinosaurier). Sie machen etwa 80% bis 90% der Erdgeschichte aus. Doch auch innerhalb der Eiszeiten schwankt das Klima zwischen Kalt- und Warmzeiten.

Das jüngste Eiszeitalter - Quartäre Eiszeitalter - begann vor rund 2,6 Millionen Jahren und hält bis heute an.

Klimatisch befindet sich die Erde demnach in einer Eiszeit, allerdings in einer Warmphase, die bereits seit rund 11.000 Jahren andauert. Dabei sind die Attribute kalt und warm relativ zu sehen: Gemessen an der Klimageschichte der letzten 100 Millionen Jahre ist es derzeit kalt, innerhalb dieses Eiszeitalters ist es jedoch derzeit relativ warm.

Der Wechsel von Warm- und Kaltzeiten vollzieht sich meistens über Jahrtausende oder Jahrmillionen. Es gibt jedoch auch abrupte Klimawechsel, die sich innerhalb von Jahrzehnten oder Jahrhunderten vollziehen. Diese sogenannten „Dansgaard-Oeschger-Ereignisse“ sind jedoch auf spezifische Ereignisse zurückzuführen, wie etwa sprunghafte Änderungen der Meeresströme. Der Grund des aktuellen Klimawandels liegt jedoch nicht in einem DO-Ereignis, sondern in der schnellen Zunahme der CO<sub>2</sub> Konzentrationen in der Atmosphäre seit Beginn der industriellen Revolution. Die Abläufe sind in etwa die gleichen, nur die Auslöser sind andere.

### 3.2. Indirekte Klimadaten

Eine Möglichkeit ist die Klimadatenerfassung durch Eisbohrkerne an den Polkappen. Die ist eine der wichtigsten und genauesten Methoden, die heute bekannt ist. Hierzu ziehen Forscher zylinderförmige Eiskerne aus dem Eis, deren physikalische Eigenschaften und die in kleinen Bläschen eingeschlossene Luft den Forschern Aufschluss darüber geben, welches Klima zu der Zeit herrschte.

Eisbohrkerne sind Träger sehr vielfältiger Informationen über die Klimaverhältnisse längst vergangener Zeit. Von Jahr zu Jahr setzt sich eine neue Schicht Eis ab - eine so genannte Jahresschicht. Die Untersuchung der einzelnen Schichten kann genaue Informationen zu bestimmten Jahren geben z. B. über den CO<sub>2</sub>-Gehalt der damaligen Atmosphäre.

**Eisbohrkerne: 440.000 Jahre zurück**

Ältere Klimadaten können auch durch die Untersuchung von Sedimenten, etwa Schlammablagerungen in Seen, Ozeanen und an Land, gewonnen werden. Diese lagern sich - ähnlich wie in den Eisbohrkernen - in Schichten übereinander ab. Dabei handelt es sich um Überreste von Pflanzen und Tieren. So geben z. B. im Sediment eingeschlossene Pollen Aufschluss darüber, welche Pflanzen wann vorkamen. Diese lassen dann Rückschlüsse zu auf das zu der Zeit herrschende Klima.

**Sedimente: 15.000.000 Jahre zurück**

Eine weitere Methode der Klimadatenerfassung ist die Baumringanalyse. Bei dieser Methode wird der jährliche Holzzuwachs von bestimmten Bäumen analysiert. Die Dicke der einzelnen Jahresringe hängt vom witterungsklimatischen Verlauf der Region des Holzbestandes ab. Allerdings sind nur Jahre mit relativ großen Klimaschwankungen an den Baumringen nachvollziehbar.

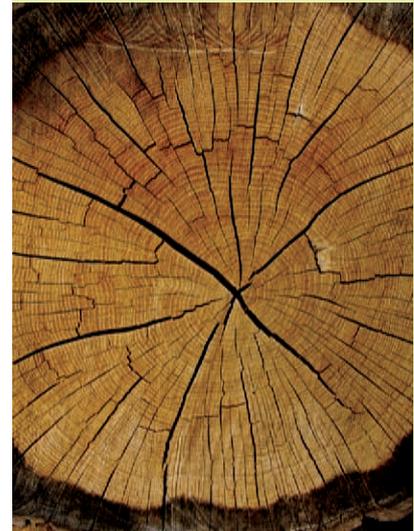
**Baumringe: 5.000 Jahre zurück**

Ähnlich wie Bäume haben auch Korallen Jahresringe. Anhand dieser kann die Klimaentwicklung abgelesen werden. Neben den Jahresringen sind z. B. tropische Korallen hervorragende Indikatoren für kleinste Schwankungen des Meeresspiegels, da sie nur in einer bestimmten Wassertiefe überleben können.

**Korallen: 400.000.000 Jahre zurück**

Eine weitere Untersuchungsmöglichkeit ist die Auswertung historischer Darstellungen und Chroniken. Chroniken können beispielsweise Rechnungsbände der Stadt, Senatsprotokolle oder Gerichtsakten sein. Auch Getreide- oder Weinertragslisten können auf indirekte Weise Aufschluss über das Klima eines bestimmten Jahres geben.

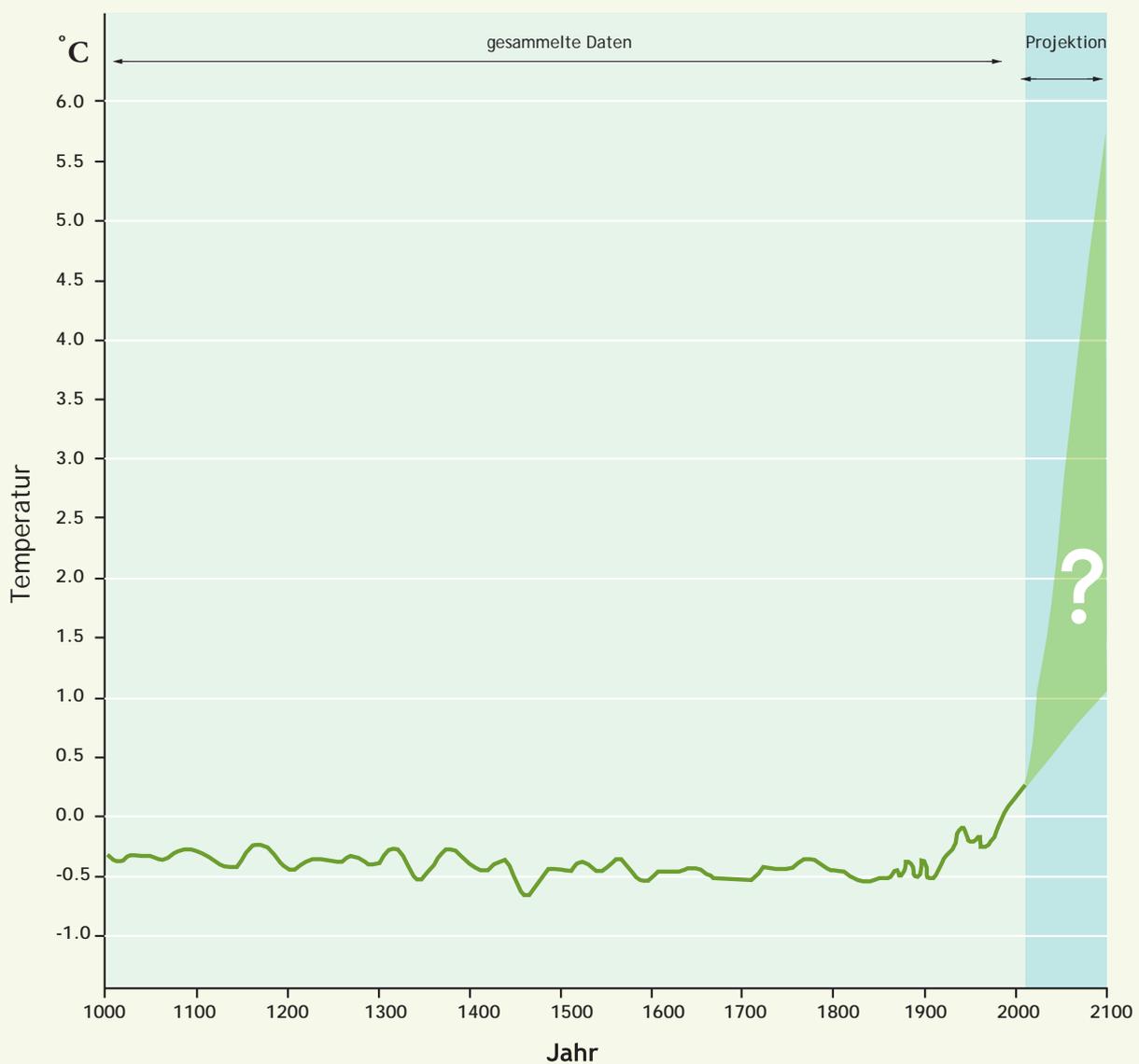
**Historische Darstellungen: 1.000 Jahre zurück**



### 3.3. Klimaprognosen der nächsten 50 bis 100 Jahren

Es gibt eine Vielzahl an Klimaprognosen für die nächsten 50 bis 100 Jahre. Je nach Rechenmodell und Eingangsdaten schwanken die Temperaturen um mehrere Grad Celsius. Einzig die Tatsache, dass es wärmer wird, gilt als sicher.

Entwicklung der bodennahen Lufttemperatur der Nordhemisphäre: Jahre 1000 - 2001  
(Abweichungen vom Basisjahr 1990)



Quelle: IPCC 2007

### 3.4. Zusammenhänge zwischen Klima und geschichtlichen Ereignissen

Im Verlauf der Geschichte gab es immer wieder Ereignisse, die mit Klimaveränderungen in Verbindung gebracht werden können. Als beispielsweise die als „Optimum der Römerzeit“ bezeichnete Klimaepoche zwischen 100 v. Chr. und 500 n. Chr. zu Ende ging, folgte die Zeit der großen germanischen Völkerwanderungen (370 bis 570 n. Chr.). Es ist anzunehmen, dass diese Wanderbewegungen u.a. auf eine Verschlechterung der klimatischen Bedingungen in den betroffenen Gebieten zurückzuführen ist.

Dass ab 800 n. Chr. wieder eine wärmere Epoche folgte, ist u.a. daran zu erkennen, dass in einigen Gebieten Westeuropas Wein angebaut wurde, in denen der Weinanbau heute nicht mehr möglich ist, da die Durchschnitts-Temperatur um 0,5 °C niedriger ist als in dieser als mittelalterliches Optimum bezeichneten Epoche. Aus dieser Zeit stammen viele deutsche Ortsnamen, die auf Weinanbau hinweisen.

Ein weiteres Beispiel für die Zusammenhänge zwischen Menschheitsgeschichte und Klimageschichte ist die 200 Jahre andauernden Besiedlungsgeschichte Grönlands durch die Normannen ab dem Jahr 982 n. Chr. Die Insel wurde mit Eintritt einer Klimawende etwa um 1.500 n. Chr. als Siedlungsstandort aufgegeben. Vor mehr als zehn Millionen Jahren war Grönland (= grünes Land) eisfrei!



## 4. Ursachen des Klimawandels

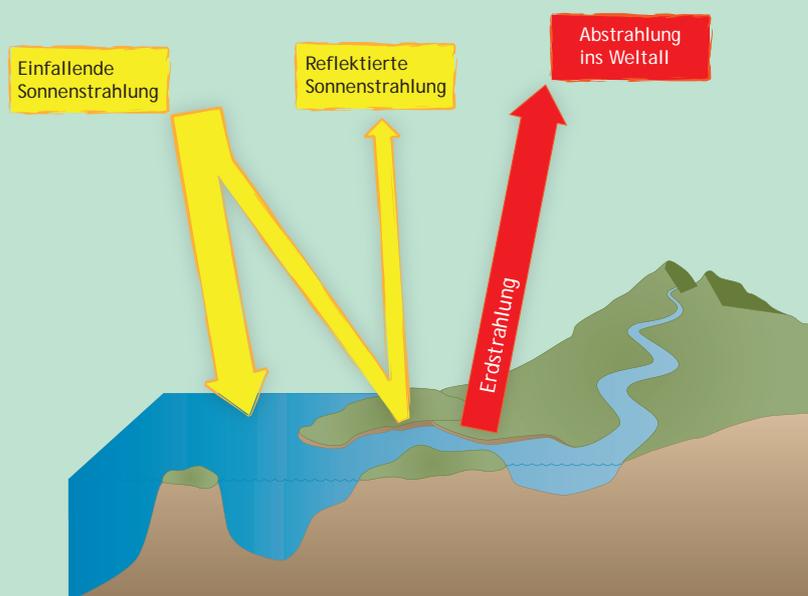
Das Klima ist stets im Wandel begriffen. Die Ursachen dafür sind vielfältig. Dabei ist aber zu unterscheiden zwischen natürlichen und durch den Menschen herbeigeführten (anthropogenen) Ursachen.

### 4.1. Wissenschaftliche Grundlagen zum natürlichen Treibhauseffekt

- Jeder Körper, dessen Temperatur über dem absoluten Nullpunkt ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) liegt, strahlt Energie unter Form von elektromagnetischer Strahlung ab. Je wärmer der Körper desto kurzwelliger und intensiver ist die Strahlung. UV-Strahlung ist kurzwelliger als sichtbares Licht, das wiederum kurzwelliger als infrarote Strahlung ist.

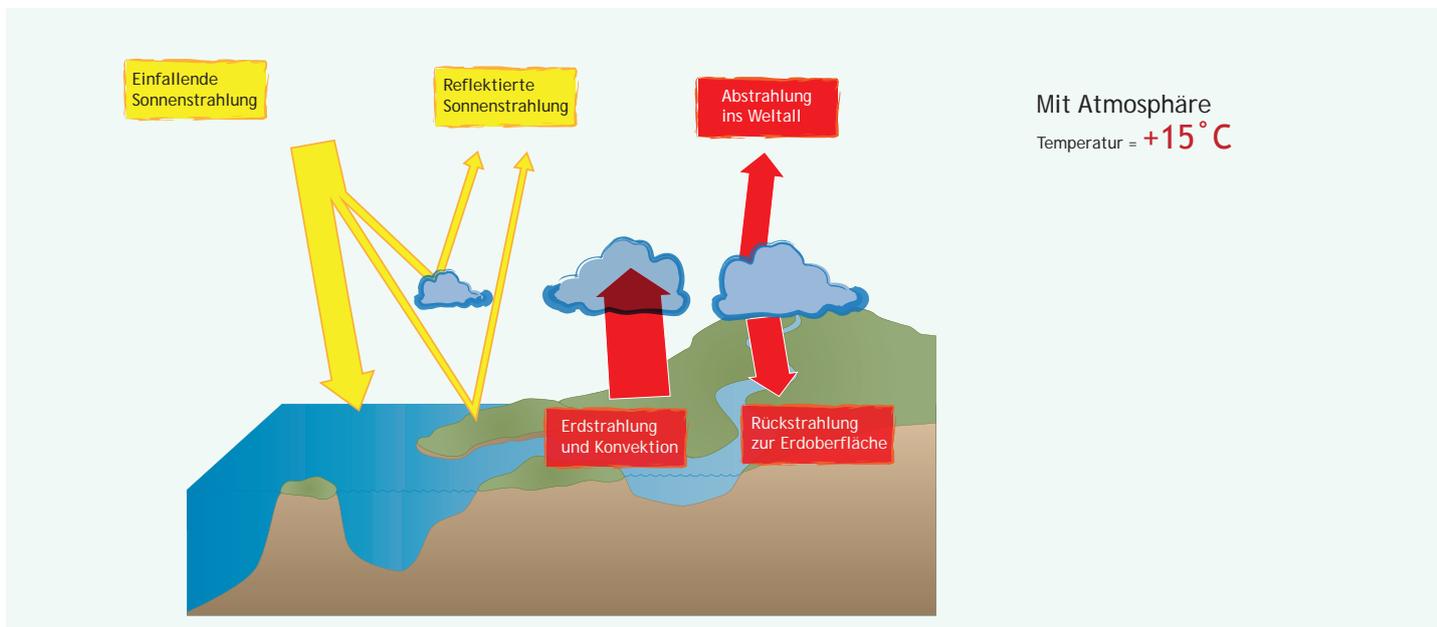


- Da die Sonne sehr heiß ist, ist ihre Strahlung kurzwellig. Sie enthält UV-Strahlung (die teilweise von der Ozonschicht absorbiert wird), hauptsächlich aber sichtbares Licht und infrarote Strahlung.
- Die kurzwellige Sonnenstrahlung durchdringt relativ ungehindert die Atmosphäre und wird zum größten Teil von der Erdoberfläche aufgenommen, welche sich dadurch erwärmt. Ein kleiner Teil wird jedoch in den Weltraum reflektiert. Daher ist die Erde vom Weltall aus sichtbar.
- Im Kontakt mit der Erdoberfläche erwärmt sich auch die Luft. Durch Konvektion (die wärmere leichtere Luft steigt nach oben) gelangt ein kleiner Teil der Wärme nach oben (bis ca. 11 km).



Ohne Atmosphäre  
Temperatur =  $-18^{\circ}\text{C}$

- Da die Erde wesentlich kälter als die Sonne ist, strahlt sie Energie in Form langwelliger, unsichtbarer, infraroter Strahlung ab. Auf diese Weise gelangt der größte Teil der Wärme nach oben. Und deshalb kühlt es nachts ab!
- Die langwellige Erdstrahlung wird von verschiedenen Gasen der Atmosphäre zum Teil absorbiert und in alle Richtungen wieder abgestrahlt. Somit erreicht ein Teil erneut die Erdoberfläche und erwärmt diese zusätzlich. Diese Erscheinung nennt man Treibhauseffekt.
- Die Gase, welche den Treibhauseffekt ermöglichen, heißen Treibhausgase. Es sind hauptsächlich Wasserdampf, Kohlendioxid und Methan.



- Die Erde wird also sowohl von der Sonnenstrahlung als auch von der Rückstrahlung der Treibhausgase erwärmt. (Deshalb sind bei klarem Himmel die Nächte kühler als bei starker Bewölkung.).
- Die Erde ist insgesamt im thermischen Gleichgewicht, wenn die Energie der Sonnenstrahlung, welche in die Atmosphäre eindringt, genauso groß ist wie die Energie der Strahlung, welche die Atmosphäre in Richtung Weltall verlässt (reflektierte Sonnenstrahlung + Erdstrahlung + Strahlung der Treibhausgase)
- Ohne Atmosphäre gäbe es keine Konvektion und keinen Treibhauseffekt. Im thermischen Gleichgewicht würde die mittlere Oberflächentemperatur der Erde dann  $-18^{\circ}\text{C}$  betragen. In Wirklichkeit beträgt sie jedoch  $+15^{\circ}\text{C}$ .
- Die mittlere Oberflächentemperatur ist  $15^{\circ}\text{C}$ .

#### und zum anthropogenen Treibhauseffekt:

- Wenn die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre zunimmt, wird ein größerer Teil der infraroten Erdstrahlung von ihnen absorbiert und in alle Richtungen abgestrahlt. Ein größerer Teil erreicht erneut die Erdoberfläche und ein kleinerer Teil entweicht ins Weltall.
- Die Erde ist nun nicht mehr im thermischen Gleichgewicht: Sie strahlt weniger Energie ins Weltall ab, als sie von der Sonne erhält, und erwärmt sich.
- Bei höherer Erdbodentemperatur ist die Erdstrahlung intensiver, genauso wie die Rückstrahlung zur Erde und die Abstrahlung ins Weltall. So wird das thermische Gleichgewicht wieder erreicht.

## 4.2. Entstehung natürlicher Treibhausgase

Eine Ursache dafür, dass sich das Klima in der Vergangenheit gewandelt hat, ist der Kontinentaldrift, welcher die Bewegung der Landmassen auf der Erde bezeichnet. Vor 150 Millionen Jahren bildeten das heutige Südamerika, Afrika, die arabische Halbinsel, Indien, Australien und die Antarktis noch den großen Urkontinent Gondwana, der am geografischen Südpol lag. Driften große Landmassen auseinander, so ändert sich auch das Klima. Das ist auch heute noch so: Das Klima einer Insel ist anders als das eines in einer größeren Landmasse befindlichen Gebietes.

Eine weitere natürliche Ursache für Klimawandel sind Vulkanausbrüche, die zu einer mehrjährigen Abkühlung führen können. Das liegt daran, dass bei Eruptionen Gase und Asche in die Atmosphäre geschleudert werden, die winzige Partikel bilden, welche die Sonnenstrahlen reflektieren und damit die Einstrahlung von Wärmeenergie verhindern.

Ein Beispiel für eine solche Entwicklung ist der Vulkanausbruch des isländischen Vulkans Laki im Sommer 1783, der aller Wahrscheinlichkeit nach einen extrem kalten Winter 1783/84 in Nordeuropa und Nordamerika sowie Überschwemmungen in Deutschland im Frühjahr 1784 zur Folge hatte.

Neben der Entstehung von natürlichen Treibhausgasen spielen Änderungen der Erdparameter sowie die unterschiedlich starke Sonnenaktivität (lassen die Einstrahlung der Sonnenenergie schwanken) eine Rolle beim natürlichen Treibhauseffekt.

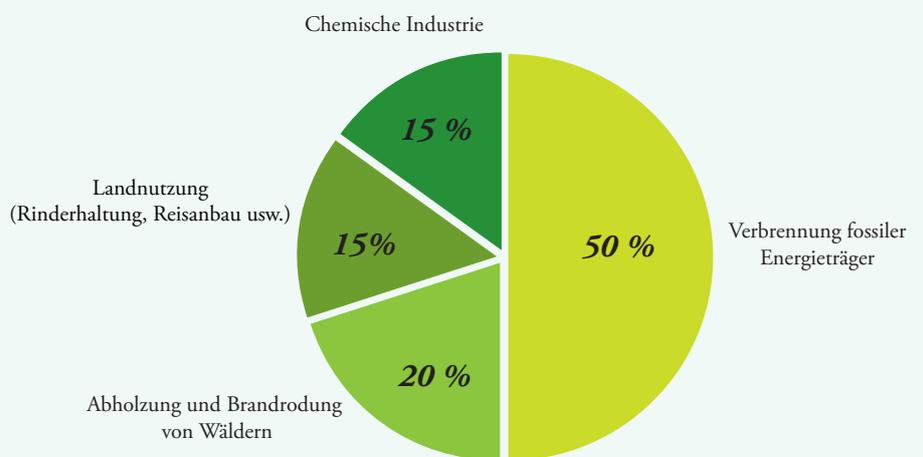


### 4.3. Anthropogene Ursachen

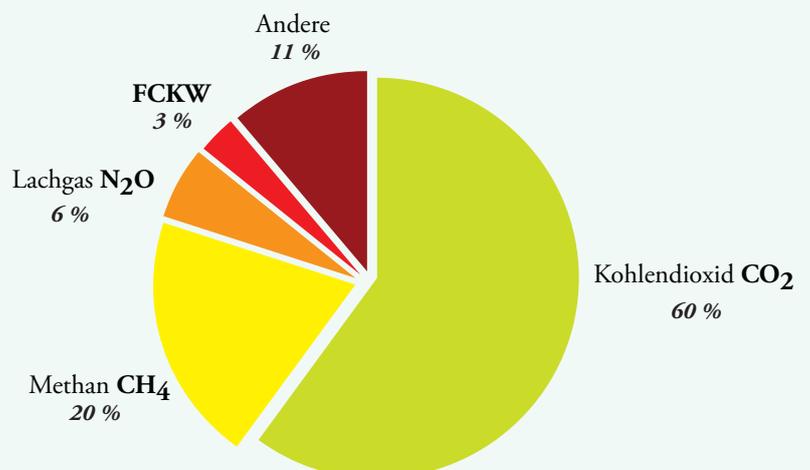
Neben diesen natürlichen Treibhausgasen gibt es vom Menschen verursachte Gase, die den Treibhauseffekt in dem Maße verstärken, dass es zu einer globalen Erwärmung kommt. Dies geschieht zum Großteil durch die Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Erdgas und Erdöl), bei der Kohlenstoff und Sauerstoff in  $\text{CO}_2$  umgewandelt werden. Auch durch die Brandrodung von Wäldern wird die Atmosphäre zusätzlich mit Kohlendioxid angereichert.

Des Weiteren beeinflusst der Mensch den Treibhauseffekt durch den Ausstoß weiterer Gase wie Methan (Methan entsteht z. B. beim Reisanbau oder bei der Rinderhaltung) und künstlich produzierter Stoffe wie beispielsweise die Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). FCKWs werden als Treibmittel für Spraydosen, als Kältemittel in Klimaanlage, Kühlschränken und als Lösemittel für die chemische Reinigung eingesetzt. Sie sind sehr stabil und nicht brennbar, zerstören aber in der Stratosphäre die schützende Ozonschicht, welche ein lebensnotwendiges Schutzschild gegen UV-Strahlung darstellt. Als Folge nimmt die Ozonschicht ab. Seit Ende der 1970er Jahre wurde über der Südpolarregion, 1992 dann auch über der Nordpolarregion ein so genanntes Ozonloch beobachtet. Dies führt zu einer erhöhten Einstrahlung von UV-Licht und als Folge zu einem vermehrten Auftreten von Hautkrebs und anderen ozonbedingten Krankheiten wie der Augenkrankheit Grauer Star.

Verursacher der Treibhausgase nach Bereich



Durch den Menschen verursachte Treibhausgase



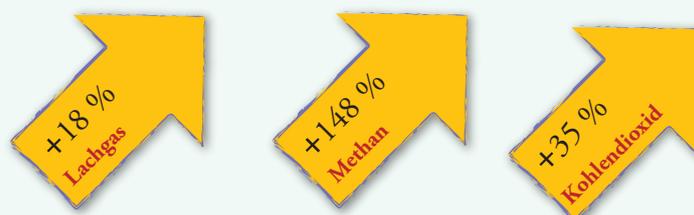
Besonders problematisch ist das vom Menschen in die Atmosphäre geblasene Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ). Noch vor Beginn des Industriezeitalters betrug die Konzentration von  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre 280 ppm (parts per million); heute ist dieser Wert auf über 379 ppm (2005) gestiegen. Eine Prognose des IPCC geht davon aus, dass sich der Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre bis 2100 in einer Spanne zwischen 550 und 940 ppm (parts per million, zu deutsch Teile pro Million) erhöhen wird, sollte dem nicht gegengesteuert werden.

Ein weiteres Problem, neben dem Anstieg der Treibhausgaskonzentrationen, ist die zum Teil lange Verweildauer von Treibhausgasen in der Atmosphäre. Ein  $\text{CO}_2$ -Molekül z. B. hat in der Atmosphäre eine mittlere Lebensdauer von 100 Jahren.

Kohlenstoffverbindungen sind an sich für den Menschen nicht schädlich. Sie kommen seit jeher in der Natur vor, beispielsweise entstehen sie beim Verwesungsprozess oder durch Verbrennung von Biomasse. Seit dem Beginn der Industrialisierung allerdings hat der  $\text{CO}_2$ -Austoss auf der Erde durch die Nutzung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl, Erdgas) zur Energiegewinnung zugenommen. Allein im vergangenen Jahrhundert stieg die Durchschnittstemperaturen auf der Erde um etwa  $0,6^\circ\text{C}$  (mit einer möglichen Abweichung von  $0,2^\circ\text{C}$ ). Dieses Phänomen wird im Allgemeinen mit dem Begriff globale Erwärmung bezeichnet.

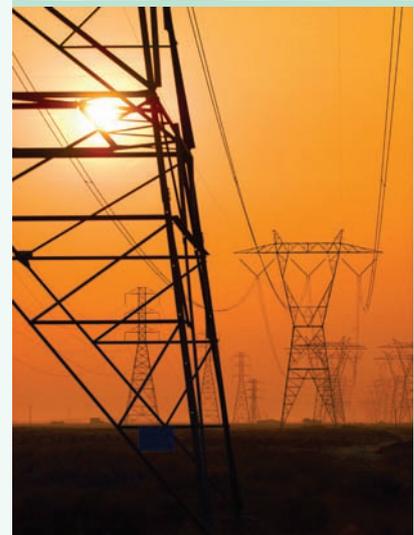
Eine weitere Prognose des IPCC hat ergeben, dass die globale Durchschnittstemperatur bis zum Jahre 2100 sich um weitere  $1,1$  bis  $6,4^\circ\text{C}$  erhöhen wird.

#### Anstieg der wichtigsten Treibhausgase in der Atmosphäre von 1750 bis 2005



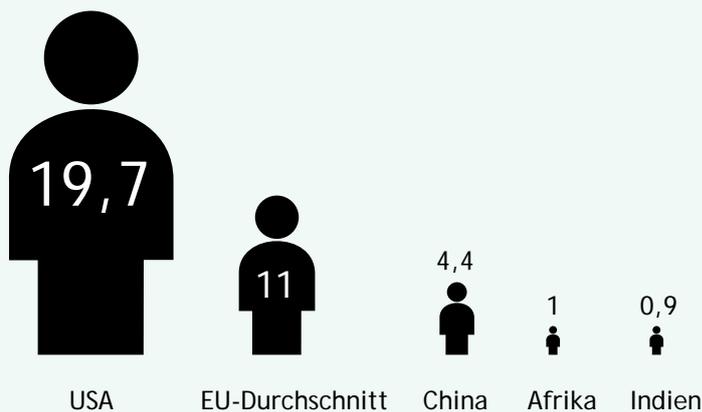
## 4.4. Verursacher der Treibhausgas-Emissionen

Treibhausgas-Emissionen werden von der Industrie, vom Verkehr und von privaten Haushalten erzeugt. Dabei gibt es große Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern. Während der CO<sub>2</sub>-Ausstoß in Deutschland 837 Millionen Tonnen im Jahr beträgt, werden in China 5301 Millionen Tonnen und in den USA 5652 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Betrachtet man allerdings den jährlichen Pro-Kopf-Ausstoß, ergibt sich ein ganz anderes Bild: Hier rangiert die USA (ca. 300 Millionen Einwohner) mit 19,7 Tonnen vor Deutschland (82 Millionen Einwohner) mit 10,2 Tonnen. China hingegen, das mit über 1,2 Milliarden Einwohner das einwohnerreichste der drei Länder ist, kommt auf einen Pro-Kopf-Ausstoß von nur 4,4 Tonnen. Der durchschnittliche Pro-Kopf-Ausstoß der EU-Mitgliedsländer liegt bei 11 Tonnen.



### CO<sub>2</sub> Ausstoßmengen pro Kopf im internationalen Vergleich

Einheiten in Tonnen CO<sub>2</sub>/Kopf



Quelle: Eurostat, IPCC, Bundesumweltamt 2006

## 5. Mögliche Folgen der globalen Erwärmung

Die globale Erwärmung wird alle Länder der Erde betreffen mit zum Teil gravierenden Folgen für Natur und Mensch.

- **Das Ansteigen des Meeresspiegels:** Zum einen durch die Ausdehnung des Meereswassers infolge der Erwärmung und zum anderen durch das Abschmelzen von Landeis ist der Meeresspiegel im Laufe des vergangenen Jahrhunderts um 17 cm gestiegen. In den nächsten 100 Jahren wird laut IPCC der Meeresspiegel voraussichtlich um etwa 18 bis 59 cm ansteigen. Dies gefährdet insbesondere küstennahe Gebiete und Inseln, wie z. B. die Malediven, das Nildelta in Ägypten oder Bangladesch. Allein in Europa sind rund 70 Millionen Bewohner küstennaher Gebiete bedroht. Das Meerwasser könnte zudem in küstenfernere Gebiete vordringen und landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie Süßwasservorräte versalzen. Bereits jetzt ist Wasser in vielen Teilen der Erde knapp. Sollten die weltweiten Temperaturen weiter steigen, wäre mit einer Verstärkung des Wassermangels zu rechnen.
- **Veränderungen bei Tier- und Pflanzenarten:** Durch die globale Erwärmung kann es zu einer Verschiebung der Klimazonen kommen, die boreale Zone könnte deutlich zurückgehen, während sich die tropische Zone ausdehnt. Savannen und Steppen würden zunehmen, die Wüsten würden sich vergrößern. Dies könnte das Aussterben zahlreicher Tier- und Pflanzenarten bedeuten, da ihre Lebensräume nicht länger den gewohnten Anforderungen entsprechen und sie den schnellen Veränderungen nicht nachkämen. Andere Arten könnten sich jedoch unter den veränderten Bedingungen stärker ausbreiten und „aufgegebene“ Standorte neu besiedeln. Akut sind kälteliebende Tiere wie Polarbären, Pinguine, Walrosse und Robben von der Erwärmung ihrer Habitats bedroht.
- **Mögliche Zunahmen an Naturkatastrophen:** Steigende Meerestemperaturen gelten als Ursache für die Zunahme von Hurrikanen und Tropenstürmen. Aber auch andere Naturkatastrophen wie Fluten und Hitzewellen können unter Umständen auf die globale Erwärmung zurückgeführt werden. Die Erhöhung der globalen Durchschnittstemperatur führt beispielsweise zu einer zunehmenden Verdunstung, was zunehmende Niederschläge und Erosionen zur Folge hat, was wiederum zur weiteren Verstärkung des Treibhauseffekts führen kann. Andererseits wirken Wolken wieder kühlend. Lang anhaltende Dürren führen zu Waldbränden und zu horrenden Verlusten für die Landwirtschaft und damit zur Verstärkung der Hungerproblematik in der so genannten Dritten Welt. Neben dem aus solchen Katastrophen resultierendem Verlust von Menschenleben und materiellen Schäden kommt eine Zunahme von Versicherungskosten hinzu. Wie Anfangs bereits erwähnt werden die Schäden immer höher.

- **Krankheiten:** In tropischen Gebieten auftretende Krankheiten wie z. B. Malaria oder Dengue-Fieber könnten sich weiter verbreiten und mehr Menschen gefährden, wenn sich die Klimagebiete, in denen sich die für die Übertragung solcher Krankheiten verantwortliche Stechmücke lebt, weiter wachsen würden. In Mitteleuropa haben sich auf Grund der wärmeren Bedingungen Zecken vermehrt ausgebreitet, was zu einem Anstieg der gefährlichen Krankheiten Borreliose und Frühsommer-Meningoenzephalitis (FSME) führte.
- **Verlagerung und Veränderung der ozeanischen Ströme:** Bei einem von Forschern gezeichneten Worst-Case-Szenario führt die globale Erwärmung zu veränderten Meeresströmungen die weit reichende Konsequenzen für das Weltklima hätten. Die Nährstoffversorgung (viel Plankton = viel Fische) des nördlichen Atlantiks, der zu den fruchtbarsten Meeresgebieten und ertragsreichsten Fischgründen der Erde zählt, würde sich verändern, was zu einem Versiegen seiner Tiefenwasserbildung führen würde. Dies würde bedeuten, dass weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen vom Meer aufgenommen werden. So würde es beispielsweise zu kühleren Wintern in ganz Westeuropa und Nordeuropa kommen, falls der Golfstrom nach Norden hin abgeschwächt würde. Die Südhalbkugel hingegen würde sich noch stärker erwärmen. Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, dass es zu einem abrupten Zusammenbruch der Meeresströme bereits im 21. Jahrhundert kommen wird.

Zusammenfassend wird festgestellt, dass ein extremer Klimawandel zu regionalen Verlagerungen der Klimazonen führt welches eine Umverteilung von Nahrungsmitteln, Wasser und Energiequellen zur Folge hat. Die Folgen dieser Entwicklung können regionale Konflikten und wachsende Flüchtlingsströme sein.

Die vom Menschen befürchteten möglichen Folgen der globalen Erwärmung beziehen sich vor allem auf den eigenen Lebensraum. Die Weltbevölkerung ist in den letzten 2000 Jahren laut UNO von 300 Millionen auf heute 6,5 Milliarden Menschen angestiegen. Immer mehr Siedlungs-, Lebens- und Wirtschaftsräume sind entstanden und dies vor allem in Regionen, die als gefährdet gelten. Mögliche Folgen sind daher viel gravierender für den Menschen, als dies noch vor 2000 Jahren der Fall war. Folglich ist das Interesse und die Sensibilität für mögliche Folgen der globalen Erwärmung enorm.

## 5.1. Begriffe Klimawandel und globale Erwärmung

Während mit dem Begriff Klimawandel meistens die natürlichen Klimaveränderungen bezeichnet werden, wird der Begriff globale Erwärmung vornehmlich für die vom Menschen verursachte Entwicklung verwendet. Dabei muss betont werden, dass diese Veränderungen nicht nur aus dem Anstieg der Durchschnittstemperatur der Erde bestehen, sondern von einer Vielzahl globaler, regionaler und lokaler Phänomene begleitet werden, z. B. Umweltkatastrophen wie Überschwemmungen, Dürren, usw.

## 6. Klimaschutzmaßnahmen

### 6.1. Klimaschutzmaßnahmen der Politik

Die Bedeutung des Klimaschutzes ist u.a. daran zu erkennen, dass sich in den letzten Jahrzehnten neben der Wissenschaft auch die Politik der Thematik angenommen hat. Weltweit haben Politiker erkannt, dass der Klimawandel die Menschheit über alle Grenzen hinweg bedroht und dass es einer gemeinsamen Anstrengung bedarf, diesem immensen Risiko entgegenzutreten. Aus diesem Grund wurden wichtige Maßnahmen gegen die globale Erwärmung eingeleitet. Diese werden im Folgenden vorgestellt.

#### 6.1.1. Das Kyoto-Protokoll

Die Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) stellt aus globaler Sicht die einzige völkerrechtlich verbindlichen Regelungen zum Klimaschutz dar. Sie wurde 1992 in New York City verabschiedet und im gleichen Jahr auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung (UNCED) in Rio de Janeiro von 189 Staaten unterschrieben. Ziel soll es sein, als Staatengemeinschaft auf die Bedrohung der Lebensgrundlagen zu reagieren. Es wird angestrebt, *„die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.“*

Das Abkommen sieht vor, dass die Regierungen die von ihnen erzeugten Treibhausgasemissionen überwachen, neue Strategien zum Klimaschutz entwickeln und ärmeren Länder dabei helfen, sich ebenfalls der Problematik zu stellen.

Jährlich treffen sich Vertreter der Vertragsstaaten zu den so genannten Weltklimagipfeln. Die bekannteste dieser Konferenzen fand 1997 im japanischen Kyoto statt. Aus ihr ging das Kyoto-Protokoll hervor, in welchem vereinbart wird, dass alle industrialisierten Staaten zusammen ihre Treibhausgasemissionen bis 2012 um acht Prozent senken (Luxemburg -28%). Ausgegangen wird vom Stand 1990. Dabei geht es um die sechs Treibhausgase Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas, teil- und vollfluorierte Kohlenwasserstoffe sowie Schwefelhexafluorid. Das Kyoto-Protokoll trat am 16. Februar 2005 in Kraft und endet 2012. Mit Ausnahme der USA und Australiens wurde das Kyoto-Protokoll von allen Vertragsstaaten ratifiziert.

## 6.1.2. Das Intergovernmental Panel on Climate Change

Neben der UNFCCC haben die Vereinten Nationen im Jahr 1988 das Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC (Zwischenstaatlicher Ausschuss für Klimaänderung) eingerichtet, das die weltweiten Forschungsergebnisse zum Thema Klimaveränderungen zusammenträgt und auswertet. Die regelmäßigen Berichte dieser Institution geben den aktuellen Stand des Wissens in der Klimatologie ab. Bislang wurden vier Berichte veröffentlicht - 1990, 1995, 2001 und 2007. Diese ergaben, dass der Anstieg der Treibhausgase in erster Linie vom Menschen verursacht ist.

## 6.1.3. Die Situation in der EU

Nach Angaben der Europäischen Kommission ist jeder Europäer jährlich für durchschnittlich elf Tonnen Treibhausgas-Emissionen verantwortlich. Davon sind rund neun Tonnen Kohlendioxid. Zehn Prozent dieser CO<sub>2</sub>-Emissionen stammen von privaten Autos.

Weiter wurde ermittelt, dass die privaten Haushalte ein Drittel der Energie in der EU verbrauchen - davon 70 Prozent zum Heizen, 14 Prozent für das Erhitzen von Wasser und zwölf Prozent für Licht und elektrische Geräte. Obwohl in Europa lediglich sieben Prozent der Weltbevölkerung leben, werden hier 20 Prozent der weltweiten ökologischen Ressourcen verbraucht.



## 6.1.4. Europäisches Programm zur Klimaänderung

Im März 2000 hat die EU das europäische Programm zur Klimaänderung (European Climate Change Programme - ECCP) ins Leben gerufen. In diesem Zusammenhang hat die EU gemeinsam mit Vertretern von Industrie, Umweltorganisationen und weiteren Interessengruppen einen Maßnahmenkatalog erstellt, mit dessen Hilfe die EU-Mitgliedstaaten ihre Treibhausgasemissionen kostengünstig senken können. Die Maßnahmen sind in der Zwischenzeit als Gesetze verabschiedet worden bzw. befinden sich im Gesetzgebungsverfahren. Es folgen einige Beispiele der ECCP-Maßnahmen:

- Der Kraftstoffverbrauch von Fahrzeugen soll gesenkt werden.
- Die Energieeffizienz von Gebäuden soll verbessert werden.
- Erneuerbare Energiequellen wie Wind, Sonne, Gezeiten, Biomasse oder Erdwärme sollen verstärkt genutzt werden. In diesem Zusammenhang sollen Forschungen gestärkt und vorangetrieben werden.
- Klimaanlage sollen auf den Verbrauch von fluorierten Treibhausgasen hin kontrolliert werden.
- Methanemissionen von Abfalldeponien sollen verringert werden.
- Die Öffentlichkeit soll für das Thema sensibilisiert werden.

Zukunftsträchtige Technologien müssen gefördert und verbessert werden. Pilotprojekte befassen sich mit der Technologie, Teile des beim Verbrennen von fossilen Brennstoffen freigesetzten CO<sub>2</sub> einzufangen und in stillgelegten Bergwerken oder ehemaligen Bergwerken einzuschließen. Man spricht bei diesem Verfahren von CO<sub>2</sub>-Abtrennung und Speicherung. Durch die Entwicklung klimafreundlicher Technologien ergibt sich für die Wirtschaft der positive Nebeneffekt, dass neue Arbeitsplätze geschaffen und neue Märkte erschlossen werden. Zudem können Unternehmen durch ein gutes Image Wettbewerbsvorteile erlangen.

### 6.1.5. Der Emissionshandel

Ein Teil der EU-Strategie, die Kyoto-Ziele einhalten zu können, ist der so genannte Emissionshandel, der am 1. Januar 2005 in Kraft trat und der Unternehmen einen finanziellen Anreiz zur Verminderung von Treibhausgasemissionen bieten soll. Dabei werden Kohlendioxid-Zertifikate ähnlich wie Wertpapiere an der Börse ver- und gekauft. Firmen, die durch umweltfreundliche Technologien Kohlendioxid einsparen, können ihre überschüssigen Anteile verkaufen. Unternehmen, die viel CO<sub>2</sub> ausstoßen, müssen sich hingegen das Recht für einen erhöhten Ausstoß erkaufen oder für ihre Umweltsünden Strafe zahlen.

Diese Regelung gilt für rund 4.500 energieintensive Unternehmen, darunter Kraftwerke, Chemiefirmen, Stahlwerke, Zement- und Papierfabriken. Für den Verkehr und private Haushalte sind so genannte Emissionszertifikate (noch) nicht vorgesehen.



### 6.1.6. Kritik

Das Kyoto-Protokoll und insbesondere der Emissionshandel stößt bei Klimaschützern vielfach auf Kritik. So ist häufig von der „marktwirtschaftlichen Verwertung der Luft“ die Rede. Es bestehe dadurch die Gefahr, dass der Handel von CO<sub>2</sub>-Aktien auf dem Rücken verschuldeter Staaten ausgeführt würde und die Entwicklungsländer so in eine neue Abhängigkeit von Industrienationen geraten könnten. Andererseits sollten auf absehbare Zeit auch den Entwicklungsländern - insbesondere aber den so genannten Schwellenländern - konkrete Klimaschutzverpflichtungen, die sie nicht in ihrer ökonomischen Entwicklung beschränken, auferlegt werden. Derzeit können Entwicklungsländer unbegrenzt mehr Treibhausgase emittieren. Aber auch die Industrienationen profitierten davon, so die Kritik: Sie müssten im Gegenzug lediglich Klimaschutzprojekte in armen Ländern durchführen.

Am Emissionshandel wird weiter kritisiert, dass als Berechnungsgrundlage das Jahr 1990 gewählt wurde, also ein Zeitpunkt, der unmittelbar vor dem Zusammenbruch vieler Industrien in Osteuropa und den Ex-Sowjetunion-Staaten lag. Die Ausgangsgröße sei demnach sehr hoch angesetzt, so dass die Ex-Ostblock-Staaten kaum eine Chance hätten, ihre Kontingente auszufüllen, zugleich aber die überschüssigen Emissionsmengenrechten verkaufen könnten.

Andere kritisieren wiederum, dass das Protokoll zwar einen hohen symbolischen Wert habe, die festgelegten Reduktionsverpflichtungen aber nicht weit genug gingen und die Bemühungen nicht über das Jahr 2012 hinaus reichten.

Als weiterer Kritikpunkt gilt, dass die Treibhausgasemissionen des internationalen Flug- und Schiffverkehrs bislang noch nicht vom Kyoto-Protokoll erfasst wurden und dass hier auch nach Lösungen gestrebt werden sollte.

Der größte Tadel ergibt sich jedoch aus der Tatsache, dass die USA als größter Emittent von Treibhausgasen das Protokoll noch nicht unterschrieben hat. Wirksamer weltweiter Klimaschutz ist nach Ansicht vieler Kritiker aber nur zu erreichen, wenn langfristig auch die USA eingebunden werden.

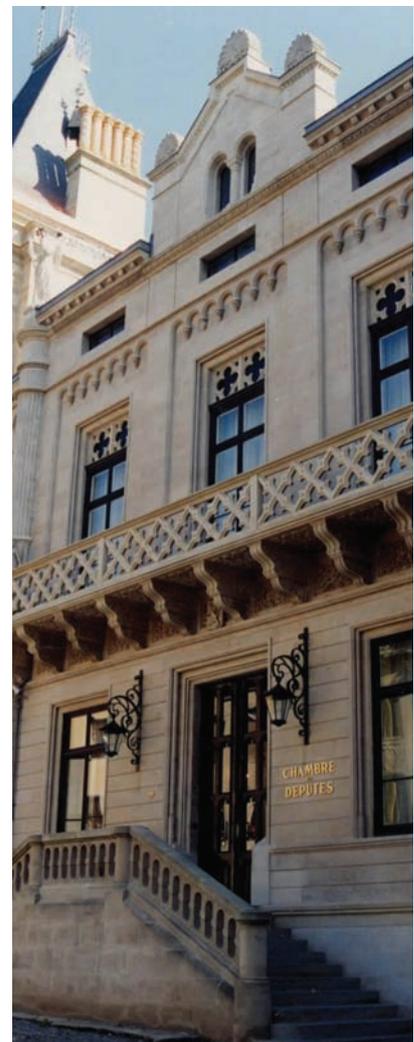
Die USA haben den notwendigen Handlungsbedarf mittlerweile erkannt und man darf nicht vergessen, dass die USA mit Abstand die meisten Gelder im Bereich Klimaforschung ausschütten.

### 6.1.7. Die Situation in Luxemburg

Luxemburg hat sich zum Ziel gemacht, seine Emissionen im Jahre 2012 auf 72 Prozent der Emissionen des Jahres 1990 zu senken. Alle Emissionen, die Luxemburg zugeschrieben werden, müssen um 28% verringert werden. Darunter fallen alle "Inlandemissionen" wie Inlandsverkehr, Haushalte, Gewerbe, Handel, Dienstleistungssektor und Industrieanlagen. Als "Auslandsemissionen" werden die Emissionen bezeichnet, die aus dem Treibstoffexport herrühren.

Luxemburg, mit 2.586 km<sup>2</sup> und einer Bevölkerung von rund 460.000 Einwohnern der zweitkleinste Mitgliedstaat der EU, gilt als Drehscheibe des europäischen Verkehrs. Das hohe Transitverkehrsaufkommen kommt insbesondere durch die täglich rund 120.000 Grenzgänger zustande, die rund 40 Prozent der luxemburgischen Arbeitsplätze besetzen. Zugleich ist der Verkehr der stärkste Emissionsverursacher in der Bilanz des Landes.

Die Regierung hat im April 2006 einen nationalen Aktionsplan verabschiedet, mit dem die steigende Tendenz der Treibhausgasemissionen gebremst werden soll. Die Maßnahmen des Aktionsplans betreffen die Industrie, den Gebäudebereich, erneuerbare Energien, etc. (Mehr unter [www.emwelt.lu](http://www.emwelt.lu))



## 7. Klimaschutz im Alltag

Neben den von der luxemburgischen Regierung veranlassten Maßnahmen bestehen weitere zahlreiche Möglichkeiten, durch individuelle Verhaltensumstellungen und veränderten Konsum einen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Schüler können sowohl zu Hause als auch in der Schule durch einfache Verhaltensregeln zum Klimaschutz beitragen.

### 7.1. Tipps für Zuhause

- Energie sparen!
- Duschen kostet ein Viertel Energie weniger als ein Vollbad. Beim Zähneputzen Wasserhahn zudrehen.
- Unnötige Beleuchtung ausschalten. Energiesparlampen verbrauchen fünf Mal weniger Strom als herkömmliche Glühbirnen und sind außerdem länger haltbar.
- Für die Zubereitung eines Heißgetränks nur die tatsächlich erforderliche Menge erhitzen. Der Größe eines Kochtopfs entsprechende Kochplatten verwenden; bei größeren Kochplatten geht zu viel Energie verloren.
- Den Backofen niemals vorheizen.
- Elektrogeräte nicht im Standby-Modus lassen.
- Heizung programmieren, so dass sie nachts und bei Abwesenheit herunterschaltet. Wohnräume nicht überhitzen.
- Ein Kamin in der Wohnstube strahlt wohlige Wärme aus. Bei der energetischen Nutzung von Holz wird außerdem nicht mehr CO<sub>2</sub> ausgestoßen, als das Holz während der Wachstumsphase aufgenommen hat. Holz hat somit nicht nur den Vorteil, dass es eine heimische, erneuerbare Energieressource ist, sondern ist zudem noch CO<sub>2</sub>-neutral.
- Beim Lüften von Wohnräumen Fenster für ein paar Minuten weit öffnen (Stoßlüften), statt die Luft über lange Zeit entweichen zu lassen.
- Handy-Ladegeräte aus der Steckdose ziehen, wenn das Handy gerade nicht geladen wird.
- Beim Kauf eines Elektrogeräts auf die Energieeffizienzklasse achten.
- Kühlschrank regelmäßig abtauen; damit kann der Stromverbrauch um bis zu 30 Prozent gesenkt werden. Keine warmen oder gar heißen Speisen hineinstellen. Nicht die höchste Kühlstufe verwenden, 5°C genügen.
- Beim Kauf von Waren in Supermärkten und Geschäften auf europäisches Umweltzeichen (kleine Blume) achten; dieses garantiert strenge Umweltvorschriften bei der Warenherstellung.
- Aluminiumdosen, Glasflaschen, Papier in die entsprechenden Container bringen.
- Wenn die Möglichkeit besteht, einen Komposthaufen errichten.

- Elektrische Altgeräte sachgemäß entsorgen (Recyclinghof).
- Beim Einkaufen Tragetaschen aus Stoff oder Rucksäcke verwenden.
- Produkte mit wenig Verpackung kaufen. Nachfüllpackungen nutzen. Regionale Lebensmittel kaufen. Importierte Waren haben lange Transportwege hinter sich.
- Den Öffentlichen Verkehr nutzen, Carsharing betreiben.
- Beim Kauf eines neuen Autos auf Kraftstoff sparende Modelle zurückgreifen.
- Energie sparend fahren: Früh hoch schalten, vor roten Ampeln ausrollen lassen, beim Halten Motor aus.
- Auf Flüge verzichten zugunsten von Zug- und Busfahrten.



## 7.2. Tipps für die Schule

- Schreib- und Zeichenmaterialien aus Recyclingpapier kaufen.
- Papierverbrauch niedrig halten. Beidseitig drucken und kopieren.
- Beim Verlassen der Klassenzimmer Licht aus, Fenster zu. Im Rotationssystem einen verantwortlichen Schüler zur Kontrolle bestimmen.
- Stoßlüften in den Pausen.
- Können im Gebäude Energiesparlampen angebracht werden? Mit dem Hausmeister reden.
- Umwelt-Projekttag gestalten: In Gruppenarbeit kann beispielsweise die Energieeffizienz des Schulgebäudes oder die Müllbelastung der Schule ausgerechnet werden. Daraufhin machen sich die Schüler Gedanken über Verbesserungsmöglichkeiten, die sie selber gestalten können. Dies kann fächer- (Biologie, Geografie) und klassenübergreifend geschehen.
- Eine Umwelt-Arbeitsgruppe einrichten. Diese kann beispielsweise in Schulhof/-garten einen Weiher/ein Biotop anlegen, Bäume pflanzen, etc.
- Pausenbrot in einer Vesperbox aufbewahren, statt in Alufolie oder Butterbrotpapier zu wickeln.
- Mit dem Bus oder Fahrrad zur Schule fahren bzw. zu Fuß gehen, statt sich fahren zu lassen. Das hat mehrere Vorteile:
  1. Busse sind umweltfreundlicher als Autos.
  2. Zur Hauptverkehrszeit sind die Busse auf Grund reservierter Busspuren schneller als Autos.
  3. Fahrrad fahren und zu Fuß gehen ist gesund und beugt Fettleibigkeit vor.
  4. Fahrrad fahren und zu Fuß gehen ist geräuscharm und trägt damit zu einer erhöhten Lebensqualität bei.



## 8. Fragen und Arbeitsaufgaben

- Was ist der Unterschied zwischen Klima und Wetter?
- Wie heißt die Wissenschaft, die die Klimageschichte erforscht?
- Nenne mindestens drei Möglichkeiten, mit denen ältere Klimadaten erfasst werden können.
- Zähle mindestens zwei Ursachen für den natürlichen und mindestens zwei Ursachen für den durch den Menschen verursachten Klimawandel auf.
- Wie nennt man „durch den Menschen verursacht“ noch?
- Welche Bedeutung hat der natürliche Treibhausgaseffekt für das Leben auf der Erde? Was wäre, wenn es ihn nicht gäbe?
- Was ist die Ozonschicht, was das Ozonloch?
- Nenne mindestens vier mögliche Folgen der globalen Erwärmung.
- Suche in aktuellen Zeitungen, in Zeitungsarchiven und im Internet nach Meldungen über Naturkatastrophen und den damit verbundenen Klimawandel.
- Finde anhand einer Weltkarte heraus, welche Regionen der Erde von einem weltweiten Anstieg des Meeresspiegels besonders betroffen wären. Was könnte dies für die betroffenen Gebiete bedeuten? Diskutiere Folgen für die Umwelt, die Wirtschaft sowie soziale Folgen.
- Welche Maßnahmen gegen den Klimawandel hat die Politik ergriffen?
- Warum haben sich im Kyoto-Protokoll nur die Industriestaaten verpflichtet?
- Was bedeutet „Emissionshandel“?
- Welche Maßnahmen hat die Regierung eingeleitet? Diskutiere über deren Vor- und Nachteile.
- Was kannst du gegen den Klimawandel tun (zu Hause, in der Schule)?
- Liste zehn Geräte mit Standby auf, die in eurem Haushalt/in der Schule genutzt werden. Notiere, wie viele Stunden am Tag sie in Benutzung sind und wie viele Stunden im Standby. Beschaffte ein Strommessgerät und messe die Leistungsaufnahme im Standby–Betrieb.
- Schau dir gemeinsam mit deinen Klassenkameraden und deinem Lehrer den Film „The day after tomorrow“ an. Wie wissenschaftlich fundiert sind die Aussagen über den Klimawandel? Was ist an dem Film gelungen, was ist zu kritisieren?



## 9. Literatur und Linkhinweise:

### 9.1. Literaturangaben:

- Unser Wetter. 12,95 Euro. Gebundene Ausgabe. 16 Seiten. Ravensburger Buchverlag. Sprache: Deutsch ISBN-10: 3473332690.
- Alles was ich wissen will. Wind und Wetter. Klima, Naturphänomene und Wetterbeobachtung. 5,95 Euro. Gebundene Ausgabe. 59 Seiten. Ravensburger Buchverlag. Sprache: Deutsch. ISBN-10: 3473551260.
- Taschenatlas Wetter. Die turbulente Atmosphäre der Erde. 8,95 Euro. Broschiert. 285 Seiten. Klett. Sprache: Deutsch. ISBN-13: 978-3128281223.
- Klima. 8,95 Euro. Broschiert. 127 Seiten. Verlag: Fischer. Sprache: Deutsch. ISBN-10: 3596161258.
- Der Klimawandel. 7,9 Euro. Broschiert. 144 Seiten. Verlag: Beck. Sprache: Deutsch. ISBN-10: 3406508669.
- Klimatologie. 19,95 Euro. Broschiert. 352 Seiten. Verlag: Westermann. Sprache: Deutsch. ISBN-10: 3141602840.
- Bringen wir das Klima aus dem Takt? Hintergründe und Prognosen. Forum für Verantwortung? 10 Euro. Broschiert. 224 Seiten. Verlag: Fischer (Tb.). Sprache: Deutsch. ISBN-10: 3596172764.
- Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. 40 Euro. Gebundene Ausgabe. 227 Seiten. Verlag: Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Sprache: Deutsch. ISBN-10: 3534146875.
- Les Faiseurs de pluie : L'histoire et l'impact futur du changement climatique. 22 Euro. Broché. 373 pages. Editeur : Editions Héloïse d'Ormesson. Langue : Français. ISBN-10: 2350870235.
- Changement climatique : Comprendre et agir. 21 Euro. Broché. 286 pages. Editeur : Delachaux et Niestlé. Collection : Milieux. Langue : Français. ISBN-10: 2603013254.
- Le changement climatique : Une nouvelle ère sur la Terre. 10 Euro. Broché. 128 pages. Editeur : Petite encyclopédie Larousse. Langue : Français. ISBN-10: 2035751985.
- Météorologie générale. 31 Euro. Editeur : Meteo France - Librairie. Langue : Français. ISBN-10: 2110851767.
- Ma Météo au jour le jour. 17 Euro. Editeur : Minerva (30 septembre 2001). Collection : Pratique. Langue : Français. ISBN-10: 2830706315.
- Introduction à la climatologie. 62 Euro. Relié. 540 pages. Editeur : De Boeck Université. Astro Clima. Langue : Français. ISBN-10: 2804137112.
- Rahmstorf, Stefan und Schellnhuber, Hans Joachim: Der Klimawandel. Verlag C.H. Beck, München, 2006.
- Naturgewalten - Klima im Wandel. CD-ROM der German National Geographic Society, 2006.
- Gemeinden aktiv im Klimaschutz. Global denken - lokal handeln. Film (DVD) des „Klimabündnis Lëtzebuerg“. (Auf Anfrage erhalten Sie den Film gratis bei der Nationalen Koordination des Klimabündnisses oder unter der email-Adresse: klimab@oekozenler.lu).

## 9.2. Links:

- <http://www.klimaentwicklung.de/links.html>
- <http://www.top-wetter.de/lexikon/lexikon.htm> (Wetterlexikon)
- <http://www.wdr.de/online/klima/nachschlagen/> (Klimalexikon)
- <http://www.uni-koblenz.de/~odsleis/klima/lexikon.html> (Klimalexikon)
- <http://www.umweltministerium.de/allgemein/nav/content/7126.php>
- <http://www.wetter-klimawandel.de/>
- [www.climateprediction.net](http://www.climateprediction.net) (Klimavorhersagen)
- [http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale\\_klimapolitik/kyoto\\_protokoll/doc/5802.php](http://www.bmu.de/klimaschutz/internationale_klimapolitik/kyoto_protokoll/doc/5802.php)  
(das Kyoto-Protokoll zum Herunterladen)
- <http://www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/thema/kyoto-protokoll.htm>  
(Materialien für den Unterricht)
- <http://www.oeko.lu/>

Weiterführende Informationen erhalten Sie unter:

[www.emwelt.lu](http://www.emwelt.lu)

[www.myschool.lu](http://www.myschool.lu)

[www.mnhn.lu](http://www.mnhn.lu)

[www.astm.lu](http://www.astm.lu)

## Notizen





Treibhauseffekt

Emissionshandel Treibhauseffekt

Klimaschutz

Emissionshandel  
Gletscher

Klimaschutz Vulkan

Treibhausgase  
Gletscher

Klimaschutz Vulkan

globale Erwärmung

Treibhausgase

Klimaschutz

globale Erwärmung Treibhauseffekt

Klima Treibhauseffekt

Klima

Gletscher

Atmosphäre

Gletscher

Kyoto-Protokoll

Wetter Atmosphäre

Kyoto-Protokoll

Wetter

Sonne

Vulkan

Klima

Sonne Treibhausgase

Vulkan

Klima

Emissionshandel

Treibhausgase

Atmosphäre

Emissionshandel

Atmosphäre

Wetter

Kyoto-Protokoll

Wetter

Kyoto-Protokoll

Sonne

Sonne