

Klimaerwärmung

Das Klima wird immer wärmer, die Folgen immer sichtbarer: In den letzten 100 Jahren ist die Durchschnittstemperatur der Erde um 0,8 °C gestiegen (Abb. 1), von den zehn wärmsten Jahren seit Beginn der Klimaaufzeichnungen im Jahr 1856 lagen neun im letzten Jahrzehnt; Gletscher schmelzen in den Hochgebirgen der ganzen Welt, das arktische Eis schmilzt, Permafrostböden tauen, der Meeresspiegel steigt; Stürme werden heftiger, Dürren ausgeprägter, Fluten nehmen zu ...

Die überwiegende Mehrheit der Klimatologen ist sich einig, dass der Mensch die wichtigste Ursache dieser Klimaerwärmung ist. Die weltweiten Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Klimaerwärmung werden vom → **Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)** untersucht und bewertet; diese Kundeninformation gibt einen Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse der Forschung.

Heiße Jahre

- 1. 1998
- 2. 2005
- 3. 2002
- 4. 2003
- 5. 2004

Die fünf wärmsten Jahre seit 1856.

Das globale Treibhaus

Verursacht wird die Klimaerwärmung durch die Freisetzung von → **Treibhausgasen**. Der → **Treibhauseffekt** der Atmosphäre ist seit 100 Jahren bekannt: In der Atmosphäre finden sich Gase, die wie die Glasscheiben eines Treibhauses die Sonnenstrahlen durchlassen, aber die von der Erde ausgestrahlte Wärmestrahlung nicht; dadurch erhöht sich die Temperatur der Erde. Dieser Effekt ist lebenswichtig: Ohne die Treibhausgase betrüge die Temperatur der Erde -18 Grad Celsius, erst die Treibhausgase sorgen für eine Durchschnittstemperatur von 15 Grad Celsius. Wenn aber die Konzentration der Treibhausgase durch menschliche Aktivitäten erhöht wird, wird es wärmer – genau dies geschieht zur Zeit.

Das wichtigste Treibhausgas ist mit rund 60 Prozent Anteil an der vom Menschen verursachten Erwärmung **Kohlendioxid (CO₂)**, das bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Öl, Kohle, Gas) entsteht – jedes Jahr werden 30 Milliarden Tonnen dieses Treib-

¹ Der Pfeil (→) verweist auf Erläuterungen im Glossar (Seite 4)

Die Erde wird wärmer

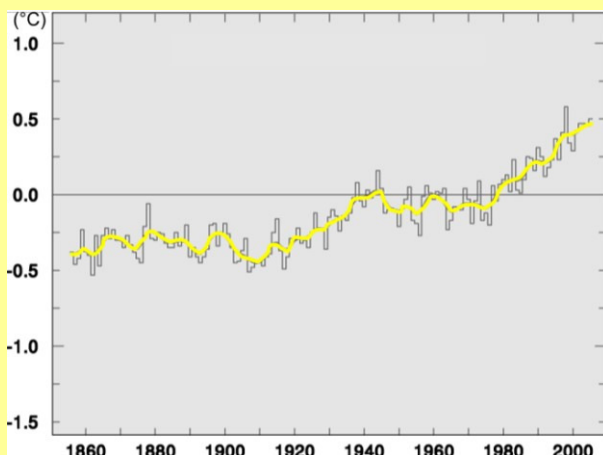


Abb. 1: Temperaturkurve der Erde seit Beginn der instrumentellen Temperaturmessung im Jahr 1856. Dargestellt sind Abweichungen von der Durchschnittstemperatur des Zeitraums 1961 - 1990.

Quelle: Climatic Research Unit, University of East Anglia, <http://www.cru.uea.ac.uk/>

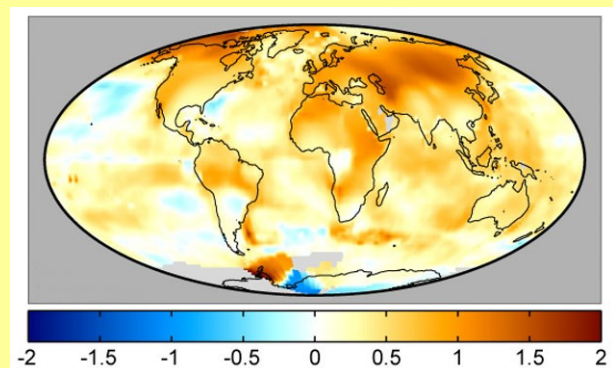


Abb. 2: Die Erwärmung der Erde erfolgt nicht gleichmäßig: Die Nordhalbkugel erwärmt sich stärker als die Südhalbkugel, das Land stärker als die Ozeane. In der Abbildung werden die Temperaturen des Zeitraums 1995 - 2004 mit denen des Zeitraums 1940 - 1980 verglichen.

Quelle: Artikel „Global Warming“, in: wikipedia, englische Fassung, http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming (abgerufen am 22.12.2005)

hausgases freigesetzt. Die Konzentration von CO_2 in der Atmosphäre stieg von vorindustriellen 280 → **ppm** auf aktuell 378 ppm, eine Zunahme um 31 Prozent.

Methan (CH_4) trägt zu etwa 20 Prozent zum Treibhauseffekt bei; es entsteht vor allem beim Reisanbau und bei der Rinderhaltung sowie auf Mülldeponien. Die Methankonzentration in der Atmosphäre hat seit der Industrialisierung um 151 Prozent zugenommen.

Distickstoffoxid (Lachgas, N_2O) entsteht im Boden durch die Umsetzung von Stickstoffverbindungen, seine Entstehung wird durch Stickstoffdüngung gefördert. Der Anteil am Treibhauseffekt liegt bei rund 6 Prozent, die Zunahme bei 17 Prozent

Troposphärisches Ozon (O_3) entsteht unter der Einwirkung von Sonnenlicht aus Stickoxiden und Kohlenwasserstoffen (Sommersmog). Nicht zu verwechseln mit dem stratosphärischen Ozon, das die Ozonschicht bildet, die die Erde vor der UV-Strahlung der Sonne schützt. Die Zunahme liegt - mit großen regionalen Unterschieden - bei 357 Prozent.

FCKW wurden vor allem als Treibgase und Kältemittel verwendet, da sie zur Zerstörung der Ozonschicht beitragen, wurde ihre Verwendung seit 1990 stark reduziert; **FKW** ersetzen FCKW als Treibgase und Kältemittel, da sie die Ozonschicht nicht schädigen - sind jedoch ebenfalls Treibhausgase.

Im Kyoto-Protokoll sind außerdem noch die in der Aluminium-Industrie entstehenden **perfluorierten Kohlenwasserstoffe (PFC)** und das als Isolationsgas in Hochspannungsschaltern verwendete **Schwefelhexafluorid (SF_6)** berücksichtigt.

Die möglichen Folgen

Über die vom Menschen ausgelöste Temperaturerhöhung gibt es sehr unterschiedliche Schätzungen: der dritte Bericht des IPCC nennt eine Spannweite von 1,4 und 5,8 Grad Celsius bis Ende des Jahrhunderts. Die Unsicherheit über den genauen Wert ist groß, da das Klima ein komplexes System ist (siehe Kasten rechts); Rückkoppelungen mit den Auswirkungen schmelzenden Eises, sich erwärmender Ozeane, höherem Wasserdampfgehalt der Atmosphäre und zunehmender Bewölkung sowie einer sich ändernden Pflanzendecke sind heute kaum genau zu berechnen.

Was man aber befürchten muss, sind unvorhersehbare Folgen: Schmelzende Gletscher, veränderte Regenfälle und ansteigende Meeresspiegel bringen in manchen Regionen Fluten, anderswo führt die zunehmende Verdunstung zu Trockenheiten. In bestimmten Regionen werden Pflanzen besser wachsen, in anderen Dürren die Ernten verderben. Manche Ökosysteme und Arten werden an der Erwärmung zu Grunde gehen, andere Arten werden ihre Verbreitung anpassen

Das Klimasystem der Erde

Kurz gefasst, entsteht das Erdklima wie folgt: Die Sonnenstrahlung bringt Energie zur Erde. Ein Teil der Sonnenstrahlung wird von der Atmosphäre und der Erdoberfläche reflektiert, ein Teil absorbiert: dieser Teil erwärmt die Erde. Aufgrund des natürlichen → **Treibhauseffektes** der Erdatmosphäre wird die von der Erde abgestrahlte Wärme zurückgehalten; statt -18 Grad Celsius ist die Erde im Durchschnitt 15 Grad Celsius warm.

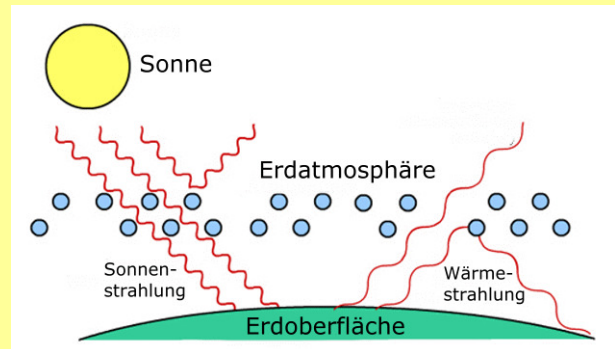


Abb. 3: Treibhauseffekt. Verändert nach Artikel „Strahlungshaushalt der Erde“ in wikipedia, http://de.wikipedia.org/wiki/Strahlungshaushalt_der_Erde (abgerufen am 22.12.2005)

Da die Erde eine Kugel ist, wird die Region um den Äquator, wo die Sonnenstrahlung senkrecht auftrifft, stärker erwärmt als polnahe Regionen - hierdurch entstehen Winde, die Wärme vom Äquator nach Norden transportieren.

Wie das Festland werden auch die Ozeane erwärmt; da Wasser ein guter Wärmespeicher ist, speichern sie wesentlich mehr Wärme als die Atmosphäre, und Meeresströmungen haben zu rund 20 Prozent an den globalen Wärmetransporten teil - wie zum Beispiel der Golfstrom, der für das relativ warme Klima der britischen Westküste verantwortlich ist.

Im Detail werden diese einfachen Zusammenhänge aber durch zahlreiche Rückkoppelungen komplizierter: Die Drehung der Erde und die Lage von Gebirgen und Kontinenten beeinflussen Windrichtung und Meeresströmungen; Wolken kühlen die Erde, indem sie Sonnenstrahlung reflektieren und erwärmen sie, indem sie Wärmestrahlung zurückhalten - es hängt von ihrer Dicke ab, welcher Effekt überwiegt; Eisdecken reduzieren die Wärmeabgabe der Meere; Spurengase wie CO_2 sind in dem globalen Kohlenstoffkreislauf eingebunden, ...

Aus der Erdgeschichte ist zudem bekannt, dass das Erdklima beträchtlich schwanken kann: Vulkanausbrüche können Schwebstoffe freisetzen, die die Sonnenstrahlung zurückhalten und zur Abkühlung führen können; die Sonnenaktivität kann schwanken. Daneben scheint es regelmäßige Zyklen zu geben: Diese sind vermutlich von der Neigung der Erdachse (Zyklen von 19.000 und 23.000 Jahren), der Änderung des Neigungswinkels der Erdachse (Zyklus von 41.000

Jahren) und von der mal mehr, mal weniger ellipsenförmigen Bahn der Erde um die Sonne (Zyklus von 100.000 Jahren) abhängig.

Um die Aufklärung dieser komplexen Zusammenhänge bemüht sich die Klimaforschung mit Computermodellen und der Erforschung des Klimas vergangener Zeiten. Besonders aufschlussreich sind Eisbohrkerne, da mit ihnen sowohl die Temperaturen vergangener Zeiten als auch der Gehalt an Spurengasen ermittelt werden kann.

Aus den dabei gewonnenen Erkenntnissen wird deutlich, dass natürliche Faktoren alleine die gegenwärtige Erwärmung nicht erklären können, erst bei Berücksichtigung der vom Menschen freigesetzten Treibhausgase stimmen Modelle und Messungen überein:

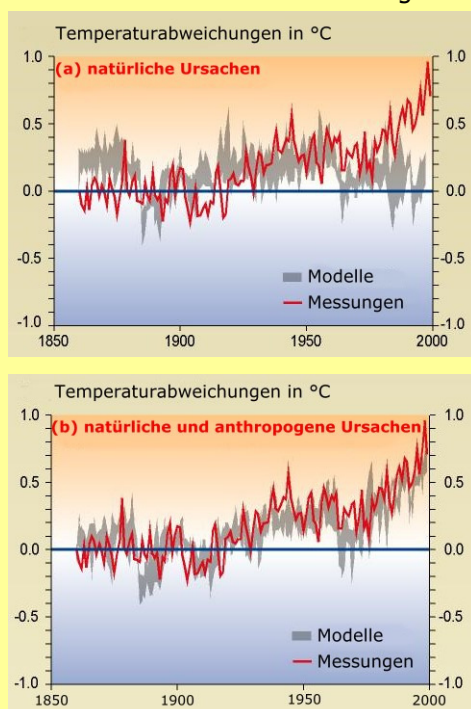


Abb. 4: Nur die Berücksichtigung menschlicher Ursachen (b) erklärt die gemessene Temperaturerhöhung der Erde. Quelle: nach IPCC, Synthesis Report 2001.

können und neue Gebiete erobern, darunter auch Krankheitserreger (Malaria gehört absehbar dazu). Einigkeit besteht darüber, dass die negativen Auswirkungen überwiegen werden.

Was getan werden muss

Auf dem „Umweltgipfel“ in Rio de Janeiro 1992 wurden erstmals Maßnahmen gegen die Klimaerwärmung beschlossen. In der dort verabschiedeten → **Klimarahmenkonvention** wurde gefordert „...die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird“. Der erste Schritt dazu war das → **Kyoto-Protokoll** von 1997, das 2005 in Kraft trat. Darin verpflichteten sich die Unterzeichnerstaa-

ten zu einem bescheidenen Rückgang der Freisetzung von Treibhausgasen. Aber wichtige Verschmutzer wie die USA und Australien waren nicht bereit, diese Verpflichtung zu unterzeichnen; vielen Fachleuten gehen die Fortschritte dagegen nicht weit genug: Die Freisetzung an Treibhausgasen muss stärker reduziert werden, und vor allem müssen auch Entwicklungsländer, die erheblichen Anteil an diesen Emissionen haben können, einbezogen werden.

Ein zentraler Punkt für den Rückgang der freigesetzten Treibhausgase ist die effiziente Energienutzung und die Nutzung nicht-fossiler Energiequellen: Windkraft, Wasserkraft und Sonnenenergie. Umstritten ist die Nutzung der Atomenergie; zwar setzt diese keine Treibhausgase frei, besitzt aber ihre eigenen Risiken. Eine der größten Herausforderungen ist die Nutzarmachung erneuerbaren Energien für die Nutzung in Fahrzeugen. Diese hängen zum größten Teil vom (fossilen) Öl ab; eine mögliche Lösung besteht in der Nutzung von (erneuerbar erzeugtem) Wasserstoff.

Was Nachhaltigkeit bedeutet

Am Beispiel des wichtigsten Treibhausgases CO₂ lässt sich auch mit einem Gedankenexperiment verdeutlichen, was die viel beschworene Nachhaltigkeit in der Praxis bedeuten könnte. Was bedeutet etwa das Ziel der Klimarahmenkonvention, „eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems“ zu verhindern?

Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung zu Globalen Umweltveränderungen (WBGU) geht in seinem Sondergutachten 2003 davon aus, dass maximal eine Temperaturerhöhung von 2 Grad Celsius akzeptabel ist (wobei auch dann schon viele unerwünschte Folgen eintreten würden). Dazu dürfte die CO₂-Konzentrationen 450 ppm nicht überschreiten werden; und dies bedeutet: Gegenüber 1990 müssten die globalen energiebedingten Emissionen bis 2050 um etwa 45 bis 60 Prozent sinken.

Andererseits können wir jeden Tag in den Wirtschaftsnachrichten von den Steigerungsraten der Wirtschaft in China oder Indien lesen; und Besitzstandswahrung ist bekanntlich ein schlechtes Argument bei der Diskussion mit aufholenden Ländern: Gehen wir zweitens also einmal davon aus, dass bis 2050 alle Länder ein Recht auf gleiche Pro-Kopf-Emissionen haben.

Im Bezugsjahr 1990 haben knapp 80 Millionen Deutsche ca. 1 Milliarde Tonne CO₂ emittiert - etwa 12 Tonnen/Kopf; und weltweit 5,3 Milliarden Menschen Menschen 26 Milliarden Tonnen CO₂. Eine globale Reduktion um 45 bis 60 Prozent erlaubt noch 10 bis 14 Milliarden Tonnen, und bei vermutlich 9 bis 10 Milliarden Menschen im Jahr 2050 heißt dies: Ca. 1,2 Tonnen pro Kopf. Mit anderen Worten: Deutschland müsste seine CO₂-Emissionen um 90 Prozent reduzieren. Das ist der berühmte **Faktor 10**—nicht nur beim Klima eine Messlatte für Nachhaltigkeit.

Was Betriebe tun können

Je deutlicher die Folgen der Klimaerwärmung zu spüren sein werden, desto bedeutender wird das Thema für die Öffentlichkeit werden. Machen Sie den Klimaschutz daher zu einem Schwerpunkt ihres Umweltmanagements, tun sie etwas für effiziente Energienutzung und nutzen Sie erneuerbare Energien.

1. Effizientere Energienutzung. Das Potenzial ist immer noch enorm, in vielen Betrieben finden sich wirtschaftlich vorteilhafte Energiemaßnahmen, die den Verbrauch um 20 - 30 Prozent reduzieren können. Siehe hierzu auch die Kundeninformation Nr. 2: Be-

triebliches Energiemanagement.

2. Nutzung erneuerbarer Energien. Erneuerbare Energien schonen das Klima und lohnen sich oft auch für harte Rechner. Auch hierzu mehr in Kundeninformation Nr. 2.

3. Kompensation: Für Geschäftsreisen und andere klimabelastende Aktivitäten kann man als Ausgleich in Entwicklungsländern Aktivitäten fördern, die die CO₂-Freisetzung reduzieren. Zur Anregung:

www.myclimate.org

Glossar:

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): UN-Spezialorganisation, die keine eigene Forschung betreibt, sondern Ergebnisse der Klimaforschung zusammenstellt, bewertet und in regelmäßigen Berichten darstellt. Aktuell ist der 3. Bericht aus dem Jahr 2001, der 4. Bericht ist für 2007 angekündigt. Website: **www.ipcc.ch**.

Klimarahmenkonvention: Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaschutz. Die Konvention wurde auf dem Umweltgipfel 1992 in Rio de Janeiro unterzeichnet und ist seit 1994 in Kraft; seit 1995 finden jährliche Vertragsstaatenkonferenzen (bekannt als „Klimagipfel“, zuletzt im Dezember 2005 in Montreal) statt.

Kyoto-Protokoll: Auf dem 3. Klimagipfel (siehe Klimarahmenkonvention) 1997 angenommene Vereinbarung, in dem die Industrieländer sich verpflichten, ihre Emissionen an Treibhausgasen von 2008 bis 2012 um mindestens 5 Prozent unter den Wert von 1990 zu senken. Die einzelnen Länder haben dabei unterschiedliche Vorgaben, Deutschland hat sich zu einer Reduktion um 21 Prozent unter den Wert von 1990 verpflichtet. Das Protokoll trat am 16.2.2005 in Kraft.

ppm: parts per million - Konzentrationsangabe, auf deutsch „Teile pro Millionen“, 1.000 ppm sind 1 Promille = 0,1 Prozent.

Treibhauseffekt: Erwärmung der Erde, die durch das Zurückhalten der von der Erde ausgehenden Wärmestrahlung zustande kommt. Der Treibhauseffekt ist ein natürlicher Vorgang, der bewirkt, dass die Erde statt -18 °C (ohne Treibhauseffekt) im Mittel 15 °C warm ist. Die wichtigsten natürlichen Treibhausgase sind Wasserdampf (ca. 70 Prozent Anteil) und Kohlendioxid (ca. 25 Prozent Anteil). Die gegenwärtige Klimaerwärmung wird durch eine Verstärkung des Treibhauseffektes durch vom Menschen freigesetzte → **Treibhausgase** (mit-)verursacht.

Treibhausgase: Gase, die zur Erwärmung der Erdatmosphäre durch den Treibhauseffekt beisteuern.

Weblinks:

www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/index.htm: Eingangsseite zu den Klimaschutz-Informationen des Umweltbundesamtes

www.learn-line.nrw.de/angebote/agenda21/thema/klima.htm: Umfangreiche Informationen des Bildungsservers des Landes Nordrhein-Westfalen zum Thema.

www.pik-potsdam.de/~stefan/alvensleben_kommentar.html: Eine beispielhafte Auseinandersetzung mit den „Klimaskeptikern“

www.ipcc.ch: Webseite des International Panel on Climate Change; Berichte können dort heruntergeladen werden (englischsprachig). Eine deutschsprachige Zusammenfassung des Berichts von 2001 ist unter **www.ipcc.ch/pub/nonun.htm** zu finden.

www.realclimate.org: Fachinformationen von Klimawissenschaftlern (englischsprachig)

Eine bei Bedarf aktualisierte Internet-Seite mit den Informationen dieser Kundeninformation finden Sie auch im Internet unter **www.paeger-consulting.de/html/klima.html**

Dort finden Sie auch die bisher erschienenen Kundeninformationen:

- Nr. 1: Das Ende des billigen Öls
- Nr. 2: Betriebliches Energiemanagement