

2 Sachinformationen

Unser Klima ist das Ergebnis von unterschiedlichen, sich wechselweise beeinflussenden Faktoren der Atmosphäre, der Erde und der Ozeane. Im Unterschied zum Wetter, das sich ständig ändert, ist das Klima eine Art „Durchschnittswetter“ und relativ konstant.

Aber auch das Klima ändert sich. Über viele tausend Jahre haben sich allmählich kältere und wärmere Klimaperioden abgewechselt. Pflanzen und Tiere hatten daher meist sehr lange Zeiträume für ihre Anpassung zur Verfügung. Wer sich nicht umstellen konnte, starb aus.

Schon Änderungen von wenigen Grad Celsius reichen aus, um tiefgreifende Änderungen der Lebensbedingungen zu bewirken. Die Durchschnittstemperatur der letzten Eiszeit vor ca. 18000 Jahren lag bei 11 °C. Heute beträgt die Durchschnittstemperatur auf der Erde ca. 15 °C.

Zwischen der letzten Eiszeit und heute liegt also nur eine Differenz der Durchschnittstemperatur von etwa vier Grad.

Der Treibhauseffekt

Ohne Sonnenenergie wäre menschliches Leben auf der Erde nicht möglich. Das sichtbare, kurzwellige Sonnenlicht trifft auf die Erde und wird von ihr in Wärme umgewandelt.

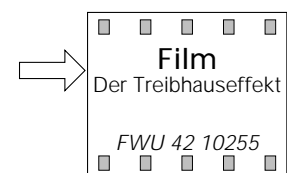
Die aufgeheizte Erde funktioniert wie jeder warme Körper. Vergleichbar einem gigantischen Ofen sendet sie unentwegt Energie in den Weltraum zurück: unsichtbare, langwellige Wärmestrahlung.

Würde diese Wärmestrahlung ungehindert ins Weltall entweichen, wäre es auf der Erde unerträglich kalt. Die Durchschnittstemperatur läge nicht bei plus 15°, sondern bei minus 18° Celsius. Große Teile der Erde wären von ewigem Eis bedeckt.

Glücklicherweise kann die langwellige Wärmestrahlung der Erde nicht ungehindert ins Weltall entweichen, denn die Erde besitzt eine Hülle aus verschiedenen Gasen: die Atmosphäre. Diese besteht zum größten Teil aus Stickstoff (N) und Sauerstoff (O). In vergleichsweise sehr geringen Konzentrationen enthält sie außerdem weitere gasförmige Stoffe. Einige davon wirken als „Treibhausgase“: Kohlendioxid (CO₂), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Methan (CH₄), Ozon (O₃) und das als Lachgas bekannte Distickstoffoxid (N₂O).

*Ausführlicher in:
Enquetekommission, 1995,
Graßl, 1999 (siehe Kap. 6.2)*

*Ohne den natürlichen
Treibhauseffekt wäre
ein Leben auf der Erde
nicht möglich*



Trifft die Wärmestrahlung der Erde auf ihrem Weg ins All beispielsweise auf Moleküle des Treibhausgases Kohlendioxid, absorbieren diese einen Teil der Wärme und heizen sich dadurch auf. Die erwärmten CO₂-Moleküle wirken nun ihrerseits als Wärmestrahler und senden einen Teil ihrer Energie zur Erdoberfläche zurück.

Dieser Effekt ist uns allen bekannt: Die Wärme im Innern eines Gewächshauses oder eines in der Sonne geparkten Autos ist das Ergebnis des von den Glasscheiben bewirkten „Treibhauseffektes“.

Die Erdatmosphäre ist auf Grund der in ihr enthaltenen Treibhausgase dem Glasdach eines Treibhauses vergleichbar. Sie läßt die kurzweilige Sonneneinstrahlung passieren und blockiert einen Teil der Wärmerückstrahlung: in den unteren Luftschichten entsteht ein Wärmestau.

Treibhausgase behindern die Wärmerückstrahlung von der Erde in den Welt-raum

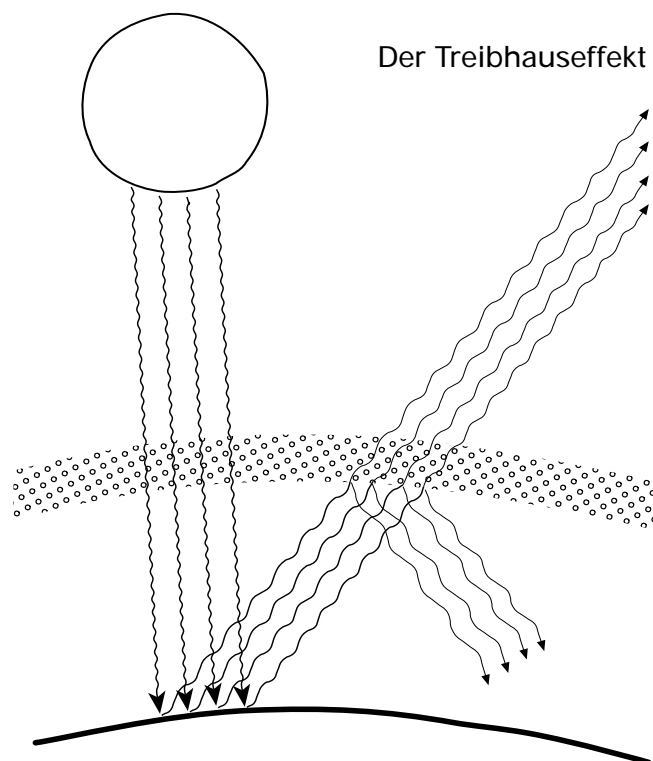


Abb. 1: Der Treibhauseffekt

vgl. Folie 1

Der Treibhauseffekt ist um so größer, je höher die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre ist.

Allerdings unterscheiden sich die verschiedenen Gase in ihrer Treibhauswirksamkeit ganz erheblich. So sind bei gleicher Konzentration in der Atmosphäre (gerechnet über 20 Jahre)

Die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre beeinflusst die Temperatur auf der Erde

Methan 35 mal, Stickoxide 260 mal und FCKW bis zu 11 000 mal treibhauswirksamer als Kohlendioxid. Da Kohlendioxid aber auf der Erde in viel höheren Mengen emittiert wird als die übrigen Treibhausgase, bewirkt das CO_2 etwa die Hälfte des gesamten anthropogenen Treibhauseffektes.

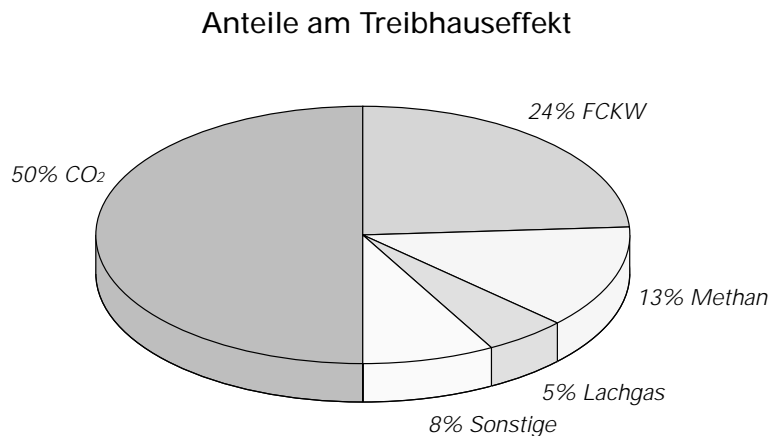


Abb. 2: Anteile verschiedener Spurengase am anthropogenen Treibhauseffekt
Quelle: nach Enquetekommission, 1995 vgl. Folie 2

Kohlendioxid

Kohlendioxid wird auf der Erde in großen Mengen (ca. 750 Mrd. t/Jahr) freigesetzt z.B. durch die Zersetzung von Pflanzen, die Atmung der Lebewesen, Emissionen der Ozeane und nicht zuletzt durch das Verbrennen kohlenstoffhaltiger Materialien. Andererseits wird es durch Pflanzenwuchs, Nahrungsaufnahme der Lebewesen und Eintrag in die Ozeane wieder gebunden. Diese natürlichen CO_2 -Quellen und CO_2 -Senken sind etwa gleich groß und stellen ein Gleichgewicht zwischen Freisetzung und Bindung von CO_2 her.

Für die von Menschen insbesondere durch das Verbrennen fossiler Energieträger zusätzlich emittierten 22 Mrd. t CO_2 pro Jahr gibt es allerdings keinen ausreichenden natürlichen Ausgleich. Denn nur schätzungsweise 60 % der anthropogenen CO_2 -Emissionen können von der Biosphäre und den Ozeanen aufgenommen werden. Die übrigen 40 % steigen in die Atmosphäre auf und bewirken dort einen zusätzlichen, anthropogenen Treibhauseffekt.

Kohlendioxid ist der Hauptverursacher des anthropogenen Treibhauseffektes. Bei jedem Verbrennen von Öl, Kohle oder Gas in Kraftwerken, Hausheizungen oder Automotoren wird unvermeidlich CO_2 freigesetzt.

Kohlendioxid

CO_2 ist der Hauptverursacher des anthropogenen Treibhauseffektes

CO₂ läßt sich nicht durch Filter, Katalysatoren o.ä. zurückhalten. CO₂-Emissionen und ihre klimaschädlichen Wirkungen sind also nur vermeidbar, wenn ihre Ursache, das Verbrennen von kohlenstoffhaltigen Energieträgern, vermieden wird.

In der Vergangenheit war die Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre weitgehend stabil. In den letzten 160 000 Jahren lag die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre stets unter 300 ppmv (1ppmv = 1 Teil CO₂ auf 1 Million Luftteilchen). Gegenwärtig wird die gleiche Menge an fossilen Energien, die sich in 500 000 Jahren in der Erdrinde abgelagert hat, in nur einem einzigen Jahr verbrannt und gleichzeitig eine entsprechende Menge Kohlendioxid in die Atmosphäre abgegeben.

In der jüngsten Vergangenheit ist der CO₂-Gehalt in die Atmosphäre auf bereits mehr als 350 ppmv angewachsen. Seit die Menschen begannen, für die industrielle Entwicklung Wälder, die als „CO₂-Speicher“ gewirkt hatten, abzubrennen und Kohle, Öl und Gas in ständig wachsenden Mengen zu verfeuern, wird Jahr für Jahr immer mehr CO₂ freigesetzt. Allein zwischen 1950 und 1997 haben sich die von Menschen verursachten CO₂-Emissionen pro Jahr von 5 auf 24 Mrd. t fast verfünffacht.

Da CO₂-Moleküle in der Atmosphäre eine Verweildauer von mehr als 100 Jahren besitzen, reichern sie sich dort mit der Zeit immer mehr an. Seit 1860 ist durch menschliche Aktivitäten die Konzentration des wichtigsten Treibhausgases CO₂ in der Atmosphäre um 25 % angewachsen - Tendenz weiter steigend.

Die anthropogenen CO₂-Emissionen haben sich seit 1950 fast verfünffacht

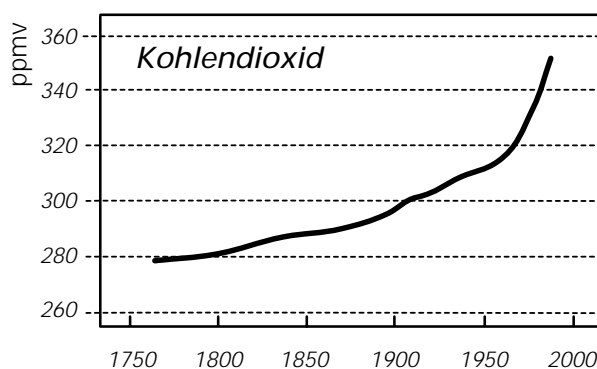


Abb. 3: Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre (1ppmv = 1 Teil CO₂ auf 1 Million Luftteilchen)

Quelle: nach Enquetekommission

vgl. Folie 3

Fluorkohlenwasserstoffe, Methan, Lachgas und Ozon

Die Emissionen der wichtigsten anderen Treibhausgase Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW), Methan (CH₄), Ozon (O₃) und das als Lachgas bekannte Distickstoffoxid (N₂O) sind in den letzten Jahrzehnten ebenfalls beträchtlich angestiegen.

FCKW haben einen Anteil von etwa 24% am anthropogenen Treibhauseffekt. Fluorchlorkohlenwasserstoffe kommen in der Natur nicht vor. Sie wurden seit Anfang der 50er-Jahre industriell erzeugt und beispielsweise als Kühl-, Löse- und Reinigungsmittel oder zum Aufschäumen von Kunststoffen verwendet.

FCKW

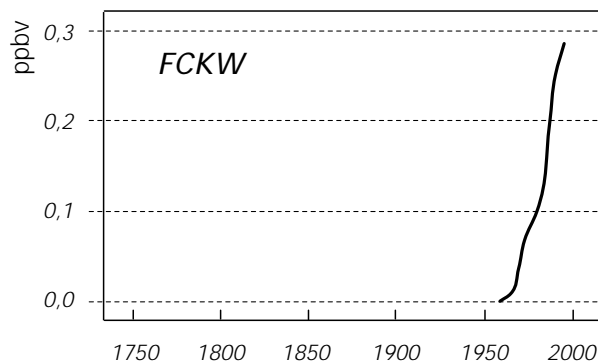


Abb. 4: Anstieg der FCKW-Konzentration in der Atmosphäre (1ppbv = 1 Teil FCKW auf 1 Milliarde Luftteilchen) vgl. Folie 3

Quelle: nach Enquetekommission

Methan trägt zu etwa 13% zum Treibhauseffekt bei. Es entweicht aus undichten Gaspipelines oder wird bei der Kohlegewinnung frei. Methan entsteht aber auch beim Reisanbau, in Rindermägen oder auf Mülldeponien. Seit Mitte des vorigen Jahrhunderts hat sich die Konzentration des Methans in der Atmosphäre mehr als verdoppelt.

Methan

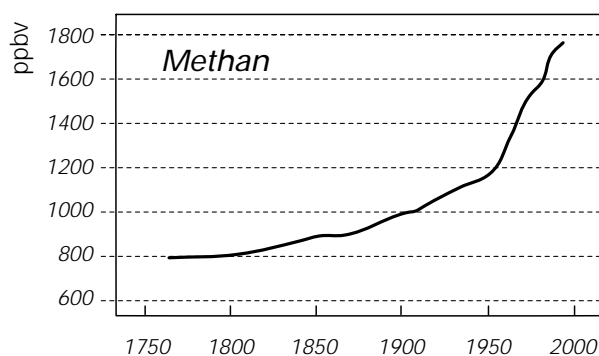


Abb. 5: Anstieg der Methan-Konzentration in der Atmosphäre (1ppbv = 1 Teil Methan auf 1 Milliarde Luftteilchen) vgl. Folie 3

Quelle: nach Enquetekommission

Distickstoffoxid, besser als Lachgas bekannt, ist für weitere 5% verantwortlich. Es entsteht beispielsweise aus Kunstdünger und bei Verbrennungsvorgängen.

Lachgas

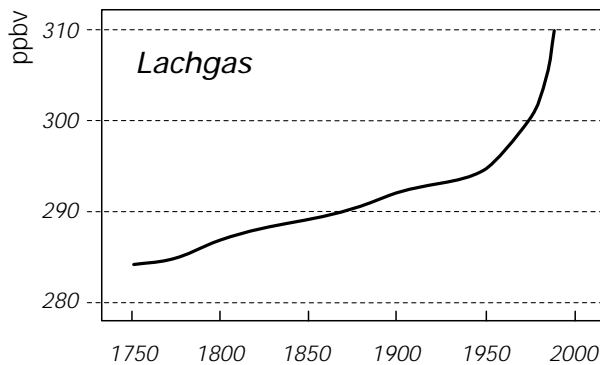


Abb. 6: Anstieg der Lachgas-Konzentration in der Atmosphäre vgl. Folie 3
(1ppbv = 1 Teil Lachgas auf 1 Milliarde Luftteilchen)

Quelle: nach Enquetekommission

Es gibt noch einige weitere Treibhausgase, von denen hier nur Ozon genannt werden soll. Ozon entsteht unter der Einwirkung von Sonnenstrahlung u. a. aus Stickoxiden, die in den Abgasen von Motoren, Kraftwerken und Heizungsanlagen enthalten sind.

Ozon

Hohe Ozonkonzentrationen verstärken den Treibhauseffekt um so mehr, je niedriger die Temperatur ist, bei der das Ozon auftritt. Eine Ozonzunahme in den oberen Luftschichten z.B. durch Flugzeuge ist daher erheblich klimaschädigender als in der erdnahen Luftschicht. Ozon bewirkt insgesamt 7% des anthropogenen Treibhauseffekts.

Wälder

Meere und Wälder wirken als Kohlenstoff-Speicher. Sie binden CO_2 und halten es davon ab, in die Atmosphäre zu entweichen.

Die Rodung von Wäldern trägt in mehrfacher Weise zum Treibhauseffekt bei:

- Durch Brandrodung werden unmittelbar große Mengen an Kohlendioxid freigesetzt.
- Der Baumbestand, der zuvor durch Photosynthese CO_2 gebunden hat, wird verringert.
- Dort, wo Wald stand, weiden häufig anschließend Rinderherden. In den Tiermägen bildet sich Methan und wird dann ausgeschieden. Dadurch erhöht sich die CH_4 -Konzentration in der Atmosphäre.

Wo werden die Treibhausgase freigesetzt?

Betrachtet man weltweit die menschlichen Aktivitätsbereiche, in denen Treibhausgase (CO₂, FCKW, Methan ...) emittiert werden, ergibt sich folgendes Bild: Energiesektor und motorisierter Verkehr setzen etwa 50 % der Treibhausgase frei. Die Chemieproduktion ist mit 20 % für die anthropogenen Emissionen von Treibhausgasen verantwortlich, das Abbrennen von Wäldern mit 15 % und die Landwirtschaft, Mülldeponien u.ä. ebenfalls mit 15 %.

Ursachen des Treibhauseffekts

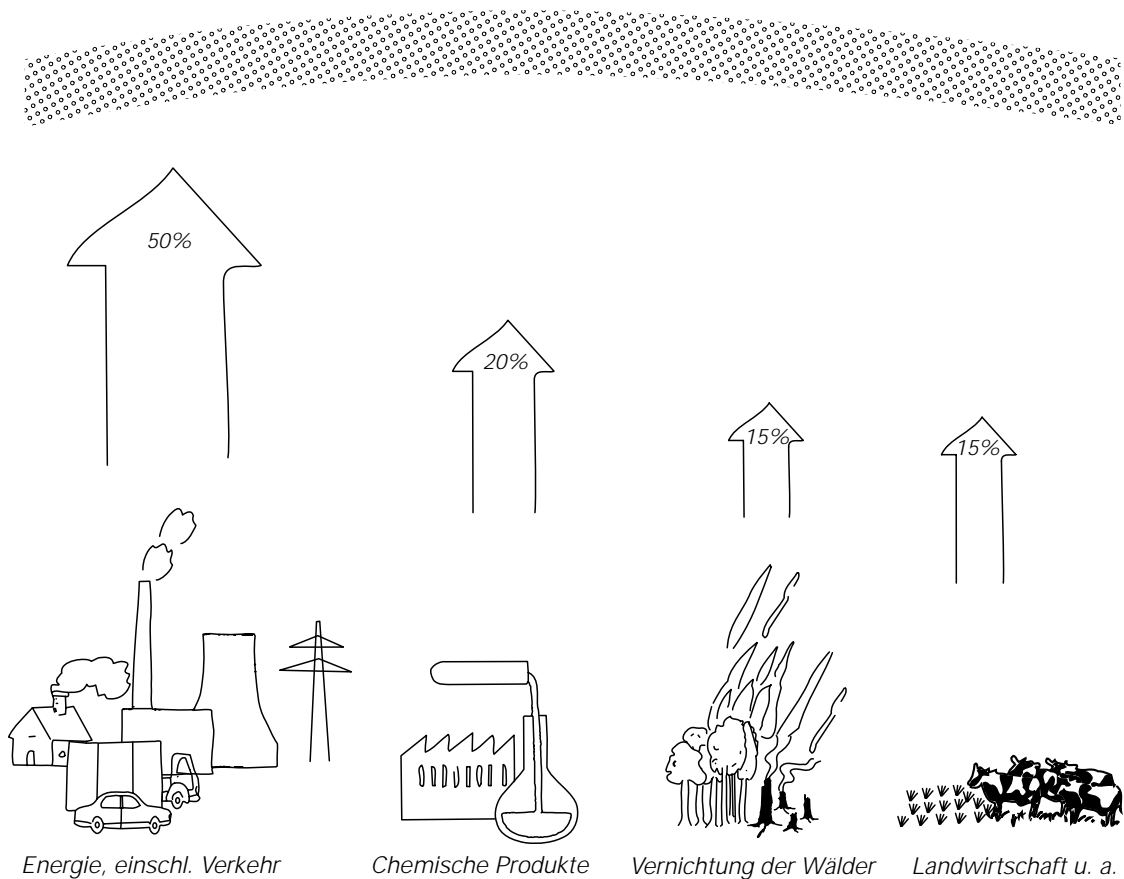


Abb. 7: Anteile der verschiedenen Verursacherbereiche am anthropogenen Treibhauseffekt vgl. Folie 4
Quelle: nach Enquetekommission, 1995

Quantitativ besonders wichtig sind die Kohlendioxid-Emissionen. In Deutschland kommen fast 40% des emittierten CO₂ aus fossil befeuerten Kraft- und Heizwerken. Aber auch die Industrie mit 21%, der Verkehr mit ebenfalls 21% und die Haushalte (ohne Verkehr) mit 13% tragen wesentlich zu den klimagefährdenden Emissionen bei.

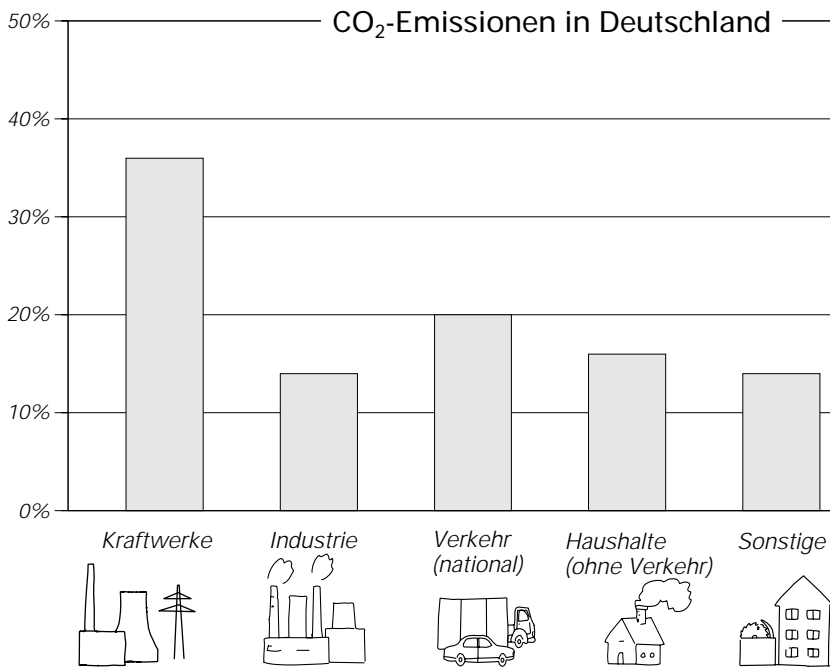
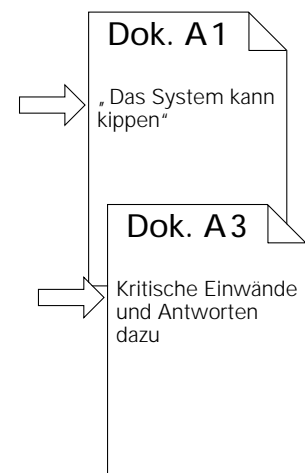


Abb. 8: Anteile der verschiedenen Sektoren an den CO₂-Emissionen in Deutschland 1997
 Quelle: Nach Berechnungen des DIW 1999 vgl. Folie 5

Ein Blick zurück ...

Der erste Hinweis auf einen von Menschen verursachten Treibhauseffekt in der Atmosphäre wurde bereits im Jahre 1896 von dem schwedischen Naturwissenschaftler Svante Arrhenius veröffentlicht. Er stellte die These auf, daß als Folge des Anstiegs der industriellen Kohleverbrennung mit einer Verdoppelung der atmosphärischen CO₂-Konzentration zu rechnen sei. Der dadurch ausgelöste anthropogene Treibhauseffekt werde zu einer weltweiten Erwärmung um 4-6 °C führen. Da Arrhenius seine Theorie aber nicht durch Messungen belegen konnte, wurde seine Warnung in der Öffentlichkeit kaum beachtet. Erst nach dem zweiten Weltkrieg begannen Wissenschaftler die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre kontinuierlich zu



messen und aufzuzeichnen. Auf dem Berg Mauna Loa (Hawai) und von anderen Forschungsstationen werden die Konzentrationen seitdem ermittelt und in aussagefähigen langen Meßreihen dokumentiert.

Die Forschungsergebnisse zeigen übereinstimmend, daß die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich und außergewöhnlich stark angestiegen sind.

Die Meßreihen sind bislang aber noch zu kurz und die natürlichen Wetterschwankungen im Beobachtungszeitraum zu groß, als daß eine direkte Verbindung von CO₂-Konzentration und Klimaveränderungen heute bereits vollständig belegbar wäre. Bislang gibt es lediglich Indizienbeweise.

*Ausführlicher:
Graßl 1999*

Indiz Nr. 1:

„Tiefbohrexperimente von der sowjetischen Antarktisstation Vostok aus förderten eine atemberaubende Datenreihe zutage, die einen kompletten Überblick über die CO₂-Konzentrationen der letzten 160000 Jahre bot. Eine von dem Schweizer Klimatologen Paul Oeschger entwickelte Methode erlaubte einem französisch-sowjetischen Team um Claude Lorius (...), die chemische Zusammensetzung winziger Luftblasen zu analysieren, die im Eis eingeschlossen waren, dessen Alter durch seine Schichttiefe bestimmbar ist. Eine etwas indirektere Methode erlaubte den Forschern, auch noch die Temperaturen der jeweiligen Zeit zu bestimmen (...). Als man beide Kurven übereinanderlegte, wurde eine sensationelle Korrelation entdeckt, welche die These von Arrhenius voll zu bestätigen scheint. Nun war auf einmal jeder verantwortlich denkende Mensch gezwungen, sich über die Gefahren eines durch die menschliche Zivilisation verstärkten Treibhauseffekts Gedanken zu machen.“ (v. Weizsäcker, Lovins, Lovins 1995, S. 250)

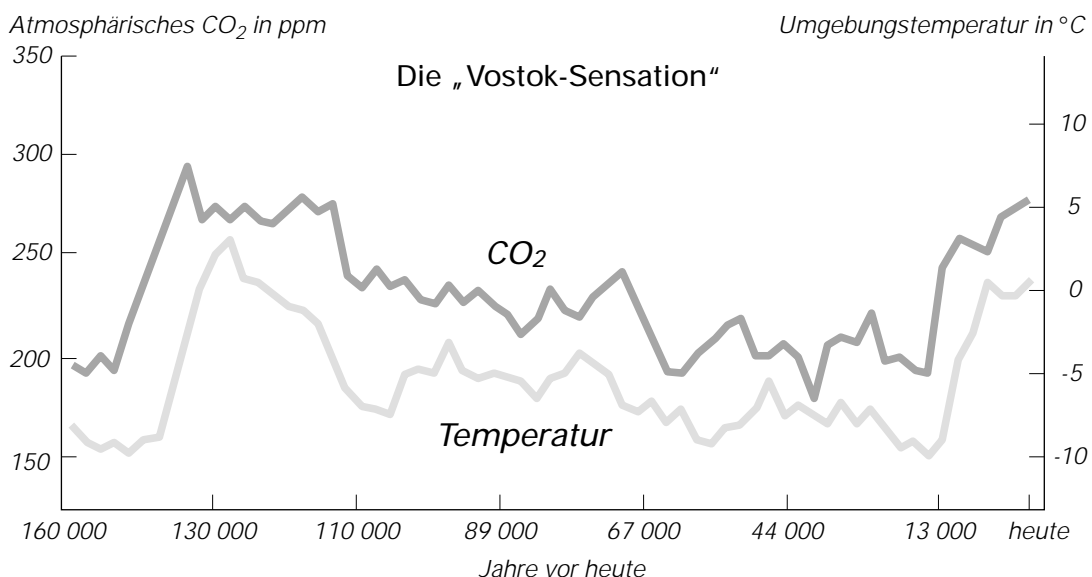


Abb. 9: Die „Vostok-Sensation“ zeigt eine enge Verbindung zwischen CO₂-Konzentration und Temperaturentwicklung während der letzten 160000 Jahre, chemisch gemessen aus fossilen Luftbläschen im antarktischen Eis vgl. Folie 6

Quelle: nach v. Weizsäcker, Lovins, Lovins 1995

Indiz Nr. 2:

Ein weiteres Indiz ist die Entwicklung der globalen Durchschnittstemperaturen auf der Erde während der letzten 150 Jahre. Das Ergebnis: Die Durchschnittstemperatur ist tatsächlich bereits um 0,6°C gestiegen und wird im nächsten Jahrhundert voraussichtlich um ca. 3°C weiter ansteigen.

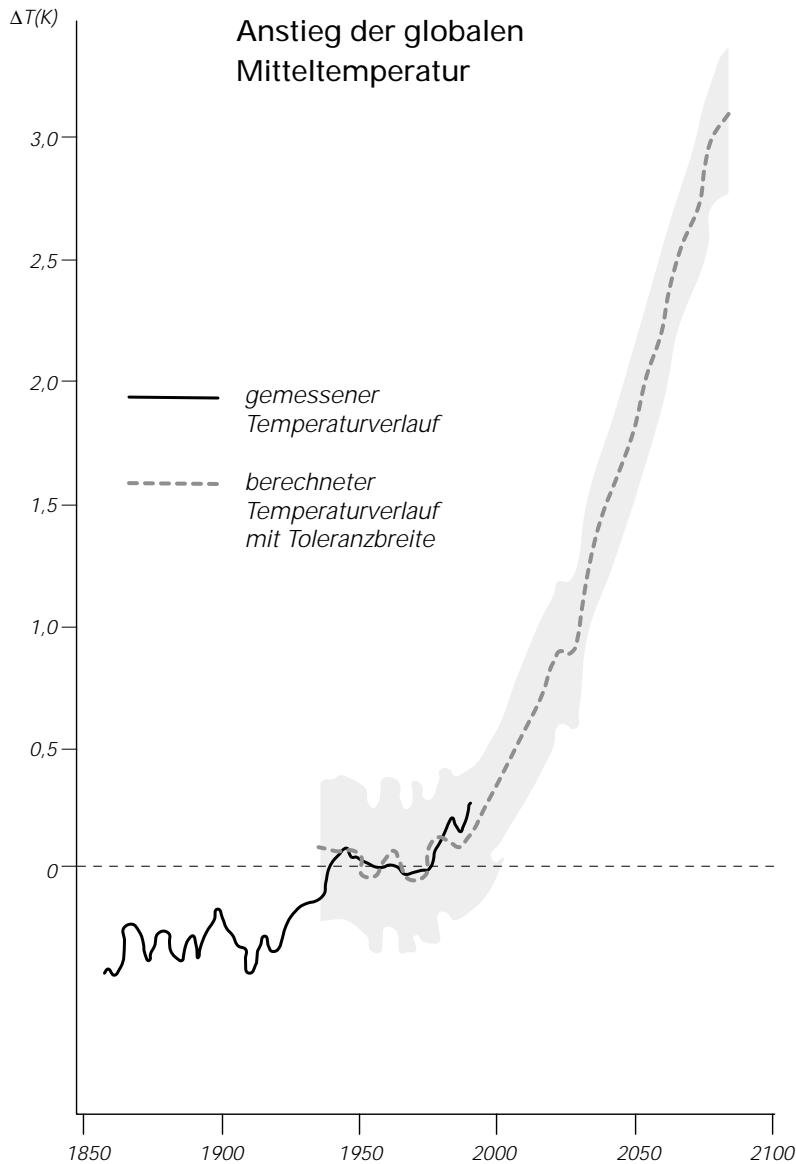


Abb. 10: Gemessene Temperaturveränderungen seit 1860 und erwarteter Temperaturanstieg bis 2100
vgl. Folie 7

Quelle: nach Enquetekommission, 1995

Indiz Nr. 3:

Und die aktuelle Wetterdaten scheinen diesen langfristigen Trend nachdrücklich zu bestätigen. Zwei Beispiele:

- Zwischen 1980 und 2000 war es so warm wie noch nie seit Beginn der im 19. Jahrhundert begonnenen exakten Temperaturmessungen.
- Die Temperaturen des Jahres 1998 schlugen alle Hitzerekorde.

Auch die Stürme und die von ihnen hervorgerufenen Schäden weisen eine steigende Tendenz auf. Die Münchener Rückversicherungsgesellschaft hat die Sturmschäden (einschließlich Erdbeben und Vulkanausbrüche) in der folgenden Abbildung dokumentiert.

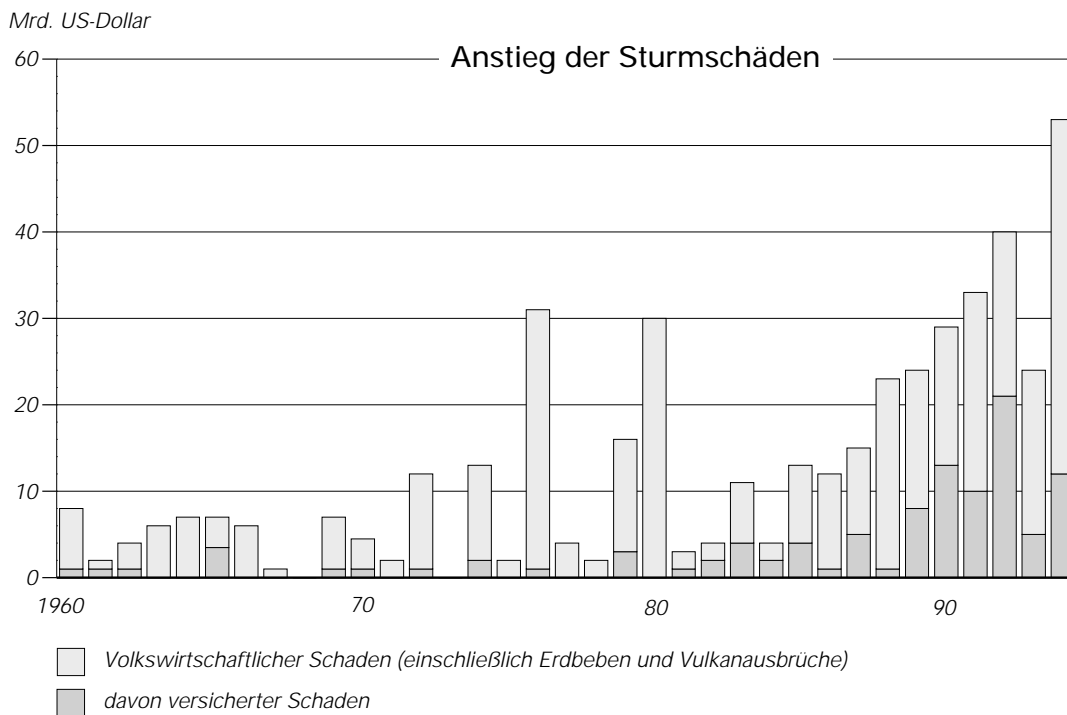


Abb. 11: Zunahme der Sturmschäden, dokumentiert vom größten Rückversicherungskonzern der Welt, der Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft vgl. Folie 8
 Quelle: nach v. Weizsäcker, Lovins, Lovins 1995

Auch in der zweiten Hälfte der 90er Jahre verursachten ungewöhnlich starke Stürme große Schäden, z.B. der Hurrican „Mitch“ in Honduras und Nicaragua (1998) und „Lothar“ (1999) in Frankreich und Deutschland.

Ein Blick nach vorne ...

Betrachtet man die verschiedenen Einzelfaktoren und Indizien im Zusammenhang (langfristige Korrelation von CO₂-Konzentration und Temperatur, gemessener Temperaturanstieg in den letzten 150 Jahren, gemessener CO₂-Anstieg in der Atmosphäre, Zunahme von Hitzeperioden und Stürmen ...) erscheint die Annahme eines anthropogen verstärkten Treibhauseffektes sehr plausibel. Daher warnt die große Mehrheit der Klimaforscher mit großem Nachdruck vor dem weiteren Anstieg der Emissionen von klimaverändernden Spurengasen (CO₂, FCKW, Methan, Lachgas ...) und verlangt eine drastische Reduktion der Emission dieser Gase.

Die Forscher arbeiten mittlerweile mit immer leistungsfähigeren Computern an Klimamodellen, die genauere Prognosen darüber ermöglichen sollen, wie sich das Klima voraussichtlich in der Zukunft verändern wird.

Die Absorptionsfähigkeit von Ozeanen, Temperaturänderungen von Meeresströmen, Wolkenbildungen oder auch Vulkanausbrüche wirken sich unterschiedlich und in ihren Wechselbeziehungen nur schwer kalkulierbar auf die mittel- und langfristige Entwicklung des Weltklimas aus. Exakte, auf kurze Zeiträume oder gar auf einzelne Regionen bezogene Prognosen sind daher mit vielerlei Unsicherheiten verbunden. Bislang gibt es noch keine im naturwissenschaftlichen Sinn zwingenden Beweise für die Existenz und Zunahme des anthropogenen Treibhauseffektes. Die Indizien dafür, seien sie aus Meßreihen oder unabhängig voneinander durchgeführten Computersimulationen gewonnen, verdichten sich jedoch immer mehr. Auf der Grundlage der vorliegenden Forschungsergebnisse kommt die Mehrheit der Klimaforscher zu folgender Aussage:

Wenn die anthropogene Freisetzung von Treibhausgasen nicht rasch und erheblich reduziert wird, ist es wahrscheinlich, daß die Durchschnittstemperaturen auf der Erde von gegenwärtig etwa 15 °C auf 17-20 °C in den kommenden hundert Jahren ansteigen werden.

Dieser Temperaturanstieg wird wahrscheinlich folgende Auswirkungen haben:

- In den tropischen Zonen wird das Meerwasser immer stärker erwärmt. Die aufsteigende Warmluft wird durch die Erdrotation erfaßt und verursacht immer häufiger und immer stärkere Wirbelstürme.

- Die Veränderung der Durchschnittstemperaturen verschiebt die Klimazonen, z.B. die Wüstenregionen der Erde. Dies zieht tiefgreifende Veränderungen der regionalen Lebensbedingungen nach sich. In einigen Ländern, z.B. in der Sahelzone und in Äthiopien, wird es immer öfter zu Dürreperioden und Hungersnöten kommen.
- Wenn das Eis an den Erdpolen schmilzt, kommt es zum Ansteigen des Meeresspiegels und zu immer häufigeren Überschwemmungskatastrophen. Der erwartete Meeresspiegelanstieg von 30-100 Zentimeter wird viele Inseln und dichtbesiedelte Küstengebiete unbewohnbar machen. Ein Fünftel der Menschheit lebt in überschwemmungsgefährdeten Gebieten. Bevölkerungreiche Länder der dritten Welt sind daher von Klimaveränderungen und dem Anstieg des Meeresspiegels besonders bedroht.

Bevölkerungskonzentration in überschwemmungsgefährdeten Küstenregionen

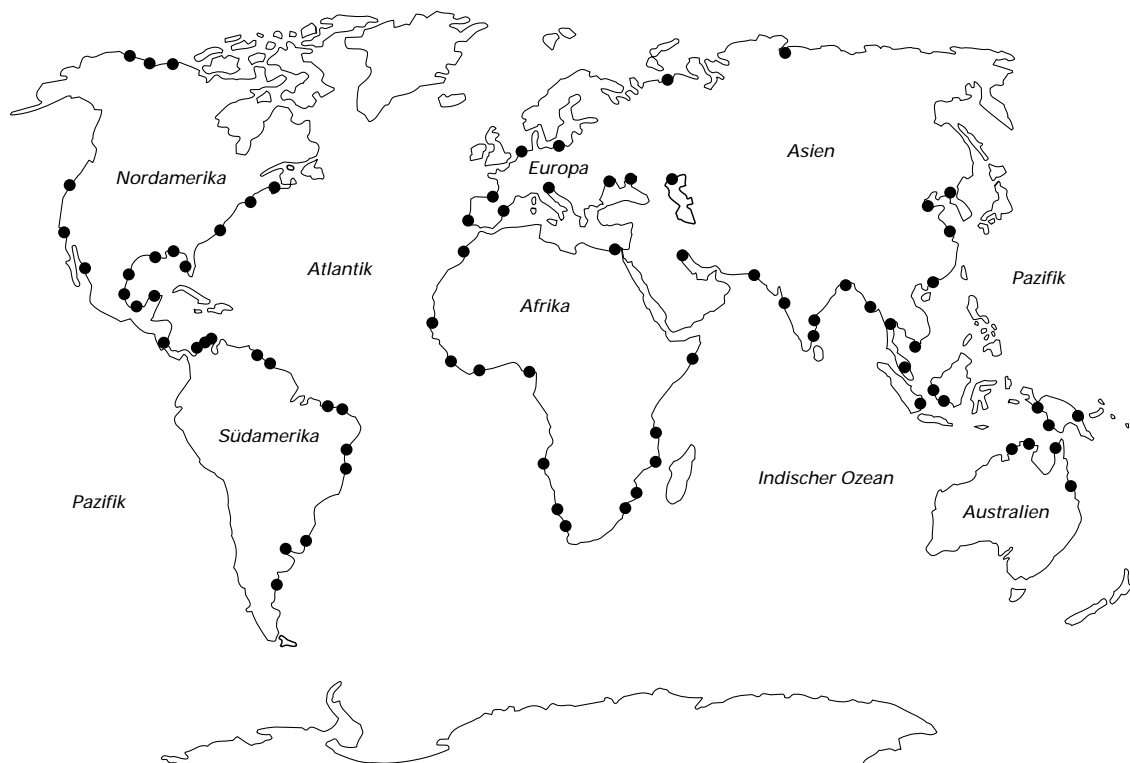


Abb. 12: Land unter. Die wichtigsten Metropolen der Welt liegen an den Küsten. Ein Fünftel der Menschheit lebt in überschwemmungsgefährdeten Gebieten - insbesondere in den punktmarkierten Zonen
Quelle: nach Graßl, Klingholz 1990 vgl. Folie 9

Veränderungen des Durchschnittsklimas von nur einigen Grad Celsius können ökologisch, ökonomisch und sozial bereits einschneidende Wirkungen haben: Während der letzten großen Eiszeit vor 18000 Jahren lag die globale Durchschnittstemperatur nur um ca. 4 °C unter der heutigen Durchschnittstemperatur. Und die Warmzeiten der letzten Million Jahre lagen max. 2 °C über der heutigen Durchschnittstemperatur.

Das Umweltbundesamt hat die Folgen des Treibhauseffekts (Zunahme der Naturkatastrophen, Anstieg des Meeresspiegels, Verschiebung von Klimazonen und gesundheitliche Auswirkungen von Klimaveränderungen) auch ökonomisch bewertet und kommt zu folgendem Ergebnis:

„Bereits auf der Grundlage der heutigen Kenntnisse spricht alles dafür, daß die Kosten zur Verringerung treibhauswirksamer Schadstoffe geringer sind als die Inkaufnahme dieser Schäden.“ (Umweltbundesamt (Hg.): Die ökonomischen Konsequenzen des anthropogenen Treibhauseffektes - ein Überblick. Berlin 1994, S. 15)

Hartmut Graßl, Klimaforscher an der Universität Hamburg und Direktor des Forschungsprogramms der Vereinten Nationen: „Wenn sich beispielsweise in Nordafrika die mittlere Lufttemperatur nur um wenige Zehntel Grad erhöht, kann sich dort die Wüstengrenze bereits um 50 bis 100 Kilometer verschieben. 0,5 Grad Erwärmung reichen aus, um die nördliche Waldgrenze um etwa die gleiche Distanz zu verlagern. 0,5 Grad genügen auch, um die Gletscher der mittleren Breiten um mindestens 200 m nach oben zu vertreiben. Eine um zwei Grad höhere Durchschnittstemperatur hat die Erde seit Bestehen des modernen Menschen, des Homo sapiens, nicht erlebt. Und eine um vier Grad wärmere Erde hat es nicht gegeben, seit der Mensch vor vier Millionen Jahren entstand.“ (Graßl, Klingholz 1990, S. 47)

Ohne es zunächst zu ahnen, haben sich die Menschen offenbar auf ein höchst riskantes Experiment mit der Belastbarkeit des Klimas und der Erde eingelassen. Die drohende Klimakatastrophe macht die Staatengemeinschaft also zur Risikogemeinschaft. Klimaschutzpolitik zielt deshalb auf die gemeinschaftliche Begrenzung von Risiken.

Klar ist jedenfalls, daß ein Verzicht auf klimapolitische Schutzmaßnahmen und die Verfolgung einer „Weiter So“-Strategie mit hohen ökologischen, ökonomischen und sozialen Risiken verbunden ist.

Die UN-Konferenzen zum Klimaschutz

Im Jahre 1992 fand in Rio de Janeiro eine Konferenz der Vereinten Nationen zum Thema Umwelt und Entwicklung statt. Vertreter von 178 Staaten nahmen an dieser Konferenz teil und verabschiedeten im Rahmen der Agenda 21 eine „Klimakonvention“. Die Unterzeichnerstaaten verpflichteten sich, die Treibhausgase auf einem Niveau zu stabilisieren, das eine gefährliche, vom Menschen verursachte Störung des Klimasystems ausschließt. Die Vertreter der Industrieländer verabredeten in Rio, daß sie den CO₂-Ausstoß stabilisieren und auf das Niveau von 1990 zurückführen werden.

„Das Endziel dieses Übereinkommens (...) ist es, die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitrahmens 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.“ (Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Artikel 2)

Mittlerweile haben 176 Staaten diese Rahmenvereinbarung ratifiziert. Eine Analyse der Vereinbarung macht allerdings deutlich, daß die Unterzeichnerstaaten sich nicht dazu verpflichten, Klimaveränderungen vollständig zu vermeiden, sondern lediglich die Änderungsrate so weit reduzieren wollen, dass keine Gefährdungen auftreten. Die offenen Fragen lauten daher:

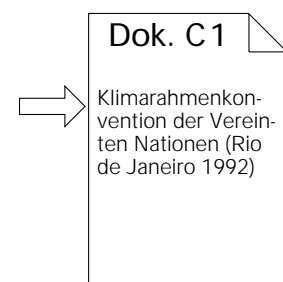
- Was wird von wem als „gefährliche Störung“ angesehen?
- Auf welchem Niveau und auf welche Weise sollen die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre stabilisiert werden?

Antworten auf diese Fragen sollen auf den folgenden Klimakonferenzen der Unterzeichnerstaaten gefunden werden.

Bei der Bewertung der Zielsetzung von Rio muß im Auge behalten werden, daß auch bei einer Niveaustabilisierung in den Industrieländern die Emissionen global noch weiter ansteigen werden, da in den übrigen Ländern der Ausstoß sicher erhöht werden wird.

Im Frühjahr 1995 fand in Berlin die „1. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention“ statt. Eine „Allianz kleiner

Der Text der Agenda 21 findet sich in deutscher Übersetzung unter <www.bayern.de/STMLU/minist/agenda21/agd21k00.htm> im Internet



Inselstaaten (AOSIS)“ hatte den Entwurf eines Protokolls vorgelegt, durch das eine verbindliche Reduktion der CO₂-Emissionen bis zum Jahre 2005 um 20 % gegenüber 1990 erreicht werden sollte. Wegen des Widerstandes der meisten Industriestaaten, die eine derartige Verpflichtung nicht eingehen wollten, wurde dieses Protokoll nicht verabschiedet.

Auf der Klimakonferenz in Kyoto (1997) wurde nach langen und schwierigen Verhandlungen folgende Übereinkunft erzielt und als Protokoll festgehalten:

„Das Protokoll von Kyoto schreibt, sofern es von einem Land ratifiziert wird, verbindlich u. a. vor:

- eine definierte Verminderung des Ausstoßes der Treibhausgase in 39 Industrieländern im Mittel um 5,2 Prozent bis zum Zeitintervall 2008/2012 berechnet auf der Basis der Emissionen des Jahres 1990
- jährliche Berichte, die darlegen, mit welchen politischen Maßnahmen wieviel erreicht wurde.

Es erlaubt – nach noch zu definierenden Regeln – u. a.:

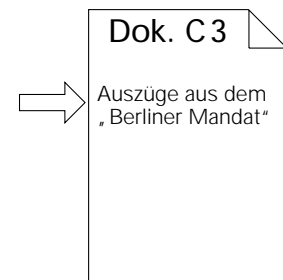
- den Handel mit Emissionsrechten, sofern im jeweiligen Land der Ausstoß von Treibhausgasen unterhalb der angezielten Menge liegt,
- die Anrechnung von Treibhausgassenken, z.B. Aufnahme von CO₂ in Wäldern,
- gemeinsame Umsetzungsaktivitäten zwischen verschiedenen Ländern (joint implementation).

Es verschiebt auf spätere Konferenzen der Vertragsstaaten die Definition der Regeln für

- den Handel mit Emissionsrechten
- die Anrechenbarkeit von Senken
- Verpflichtungen für Schwellen- und Entwicklungsländer.

Es tritt in Kraft wenn mindestens 55 Vertragsstaaten mit mindestens 55 Prozent der CO₂-Emissionen der Industriestaaten das Protokoll ratifiziert haben.“ (Graßl 1999, S. 111 f).

Im Rahmen der Kyoto-Konferenz (1997) haben sich die Länder der Europäischen Union verpflichtet, die Emissionen von Treibhausgasen spätestens bis 2012 gegenüber 1990 um 8 Prozent zu reduzieren. Nach dem vom Umweltministerrat der EU am 17. Juni 1998 beschlossenen „burden sharing“ soll Deutschland seine Emissionen bis dahin um 21 Prozent vermindern. Unabhängig davon hat die Bundesregierung wiederholt das bereits 1990 aufgestellte Ziel bekräftigt, die Emissionen



des wichtigsten Treibhausgases CO₂ in Deutschland bis zum Jahre 2005 um 25 Prozent zu senken.

In den folgenden Konferenzen in Buenos Aires (1998) und Bonn (1999) wurde weiter über Grundsätze und Modalitäten eines Handels mit Emissionsrechten, die Anrechnung gemeinsamer Projekte zwischen Industrie- und Entwicklungsländern und – bislang ausgesparte – klimapolitische Verpflichtungen von Schwellen- und Entwicklungsländern beraten. Wesentliche Entscheidungen über die Konkretisierung und praktische Umsetzung des Protokolls von Kyoto wurden auf spätere Konferenzen verschoben.

Im November 2000 beteiligten sich 180 Staaten in Den Haag an der 6. Weltklimakonferenz. Eine Einigung über die verbindliche Umsetzung des Kyoto-Protokolls wurde nicht erreicht.

Es blieb strittig, ob der Forderung vor allem der USA nachgekommen werden sollte, Wälder als CO₂-Speicher in das Abkommen einzubeziehen und möglicherweise sogar als vollständigen Ausgleich für klimaschädliche Emissionen zuzulassen. Offen blieb auch, ob Industriestaaten die übernommenen Reduktionsverpflichtungen sämtlich außerhalb ihrer Territorien erfüllen dürfen, z.B. indem sie Klimaschutzprojekte in Drittweltländern fördern. Sollen sie sich auf diese Weise der Verpflichtung zu Emissionsminderungen im eigenen Land völlig entledigen und möglicherweise ihre Emissionen sogar weiter erhöhen dürfen?

Insbesondere bei Vertretern der EU-Staaten bestand die Befürchtung, durch die Aufnahme derartiger „Schlupflöcher“ werde das Kyoto-Protokoll entwertet und die Realisierung von klimapolitischen Zielen praktisch unmöglich gemacht.

Auch über die Verbindlichkeit des zu schließenden internationalen Abkommens und mögliche Sanktionen gegen Länder, die die von ihnen eingegangenen Verpflichtungen nicht einhalten, kam es bislang zu keiner abschließenden Verständigung.

Über diese und andere offene Fragen soll daher weiter verhandelt und zwischen den Staaten nach praktikablen Lösungen gesucht werden.

Umsteuern erforderlich ...

Besonders wichtig ist der „Hauptverursacher Kohlendioxid“, der allein etwa die Hälfte des anthropogenen Treibhauseffektes ausmacht. Trotz aller Warnungen und den mühevoll erreichten, aber bislang praktisch folgenlosen internationalen Absichtserklärungen steigen die anthropogenen CO₂-Emissionen immer weiter an.

Während in einigen Ländern als Folge wirtschaftlicher Umstrukturierungen die CO₂-Emissionen in der ersten Hälfte der 90er Jahre sanken (z. B. in Rußland und der Ukraine, in geringem Umfang auch im vereinten Deutschland) wuchsen in den meisten anderen Ländern die Treibhausgasemissionen weiterhin stark an, z.B. in den USA, Griechenland und Schweden um 7 Prozent, in Australien und Japan um 8 Prozent, in Kanada und Norwegen um 9 Prozent, in Neuseeland um 16 Prozent und in Korea sogar um 75 Prozent. Weltweit stiegen die CO₂-Emissionen zwischen 1990 und 1997 um 7 Prozent.

Klimaveränderungen sind eine Bedrohung für alle Menschen. Offenkundig ist aber auch, daß nicht alle Menschen in gleicher Weise Verursacher des anthropogenen Treibhauseffekts sind. Denn das eine Viertel der Weltbevölkerung, das in den Industriestaaten lebt, nutzt mehr als drei Viertel der fossilen Energieträger.

25% der Menschen verbrauchen 75% der fossilen Energieträger

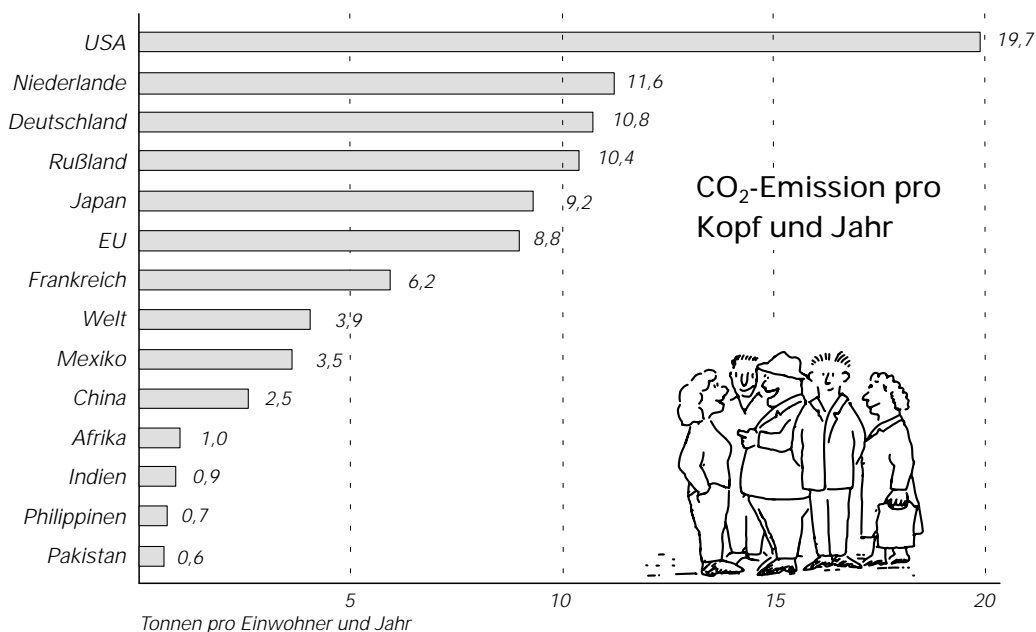


Abb. 13: Pro Kopf Emissionen von CO₂ in ausgewählten Ländern 1995
 Quellen: International Energy Agency (nach BMU 1999) und OECD (nach Die Zeit v. 18.11.99)

vgl. Folie 10

Pro Kopf und Jahr liegen die durchschnittlichen CO₂-Emissionen in den USA bei 20t und in Deutschland bei etwa 11t, während Menschen in anderen Teilen der Welt deutlich weniger fossile Energie verbrauchen und CO₂-Emissionen verursachen. In China werden – derzeit noch – im Durchschnitt weni-

ger als 3t CO₂ und in Indien nur 0,9t CO₂ pro Person und Jahr freigesetzt.

Bei diesen Durchschnittszahlen darf jedoch nicht vergessen werden, daß auch innerhalb der jeweiligen Länder die Lebensbedingungen, Konsumniveaus und kulturellen Einbindungen der verschiedenen Personen und Menschengruppen und die von ihnen verursachten CO₂-Emissionen sehr unterschiedlich sind. Vor welchen Herausforderungen die Menschheit steht, macht eine einfache Modellrechnung deutlich: Im Jahre 1990 lebten etwa 5,5Mrd. Menschen auf der Erde und verursachten CO₂-Emissionen in Höhe von jährlich etwa 22Mrd. Tonnen. Die Höhe der klimaschädlichen Emissionen muß nach Auffassung der führenden Klimaforscher bis Mitte des nächsten Jahrhunderts gegenüber 1990 halbiert werden.

Obwohl zwischen 2000 und 2050 die Weltbevölkerung voraussichtlich auf 10 Mrd. Menschen ansteigen wird, muß im gleichen Zeitraum die Menge der anthropogenen CO₂-Emissionen also auf klimaverträgliche 11 Mrd. Tonnen verringert werden.

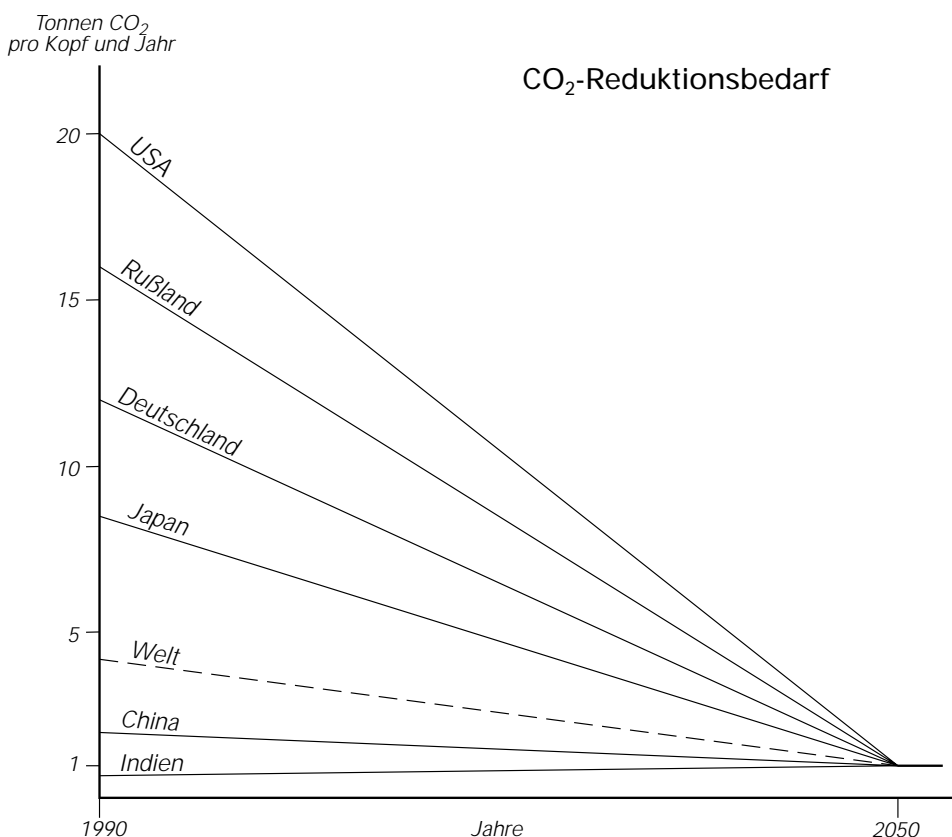


Abb. 14: CO₂-Reduktionsbedarf pro Kopf in ausgewählten Ländern bis 2050 vgl. Folie 11

Folgerung: Wenn die „Emissionsrechte“ gleichmäßig auf alle dann lebenden Menschen verteilt werden, dürfen im Jahre 2050 im Durchschnitt nur wenig mehr als 1 t CO₂ pro Kopf und Jahr freigesetzt und in die Atmosphäre emittiert werden. Für die Industrieländer bedeutet dies die Herausforderung, die Emission von klimaschädlichen Gasen pro Kopf größenordnungsmäßig auf ein Zehntel des heutigen Wertes zu senken.

Leitbild: Umweltverträgliche Energienutzung

Die Enquetekommission des Deutschen Bundestages „Schutz der Erdatmosphäre“ hat sich in ihrem bereits 1995 veröffentlichten Abschlußbericht einvernehmlich dafür ausgesprochen, den Energieverbrauch erheblich zu senken

- durch Vermeiden unnötigen Verbrauchs („*Verhaltensänderungen*“) und
- durch Steigerungen der Wirkungsgrade der eingesetzten Energietechniken („*Effizienzrevolution*“).

Der verbleibende Energiebedarf soll langfristig gedeckt werden durch

- verstärkten Einsatz *kohlenstoffarmer* Energieträger (z.B. Gas statt Öl),
- *kohlenstofffreie* Energiequellen (Sonne, Wasser, Wind ...).

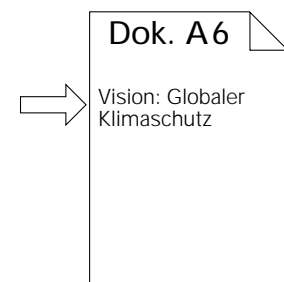
Ergänzend hierzu soll durch den Erhalt von Wäldern und Aufforstungen möglichst viel CO₂ in Erdnähe gebunden und am Entweichen in die Atmosphäre gehindert werden.

Ob die Nutzung der Kernenergie einen Beitrag zum Klimaschutz leisten kann oder eher Energiesparen und den Einsatz der dauerhaften Energiequellen behindert, blieb in der Kommission strittig.

Exkurs: Atomenergie und Klimapolitik

Die gesellschaftliche Auseinandersetzung um die Verantwortbarkeit der Kernenergienutzung wird seit drei Jahrzehnten in vielen Ländern mit großer Heftigkeit geführt.

Während in den 70er Jahren von einigen Politikern noch argumentiert wurde, daß ohne Strom aus Kernkraftwerken in Deutschland „die Lichter ausgehen“, ist diese These längst widerlegt. Ende 1999 gab es in Deutschland eine Erzeugungskapazität von 100000 MW, von denen aber selbst in den Spitzen-



zeiten maximal 70 Prozent tatsächlich benötigt werden. Es ist daher heute unstrittig, daß in Deutschland eine Überkapazität an Kraftwerken besteht und in den kommenden Jahren Stromerzeugungsanlagen aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt werden. Dabei stellt sich die Frage, *welche* Kraftwerke außer Betrieb genommen werden sollen und welche Auswirkungen auf das Erreichen klimapolitischer Ziele zu erwarten sind.

Befürworter der Kernenergienutzung argumentieren, daß bei der Stromerzeugung aus Uran keine fossilen Energieträger verbrannt und kein Kohlendioxid freigesetzt werde. Der Weiterbetrieb von Kernkraftwerken sei daher klimapolitisch geboten und sinnvoll.

Andererseits fordern Atomkraftgegner die sofortige oder schnellstmögliche Stilllegung aller Atomanlagen mit folgenden Argumenten:

Atomtechnik sei eine unverantwortbare Risikotechnologie, deren Gefährdungspotentiale zu groß und prinzipiell nicht beherrschbar seien. Im Falle einer Kernschmelze in einem Atomkraftwerk könne es zu Katastrophen kommen, bei denen mit vielen Tausend Toten und langfristigen Strahlungsschäden zu rechnen sei. Umweltzerstörungen bis hin zur dauerhaften Unbewohnbarkeit von großen Gebieten seien nicht auszuschließen.

Atomkraftwerke seien weder gegen menschliches Versagen noch gegen Terroranschläge ausreichend zu schützen. Außerdem seien einige Anlagen nicht gegen mögliche Flugzeugabstürze gesichert.

Der sichere Transport von radioaktiven Abfällen sei nicht zu garantieren. Er führe zu erheblichen Belastungen für die betroffenen Personen und Regionen.

Bei jeder Kernspaltung in Atomanlagen fielen Materialien an, die – nach entsprechenden Umwandlungsprozessen – zu Ausgangsstoffen für die Produktion von Atomwaffen werden könnten. Mit dem Betrieb von Atomanlagen wachse daher die Gefahr, daß die Menge derartiger Materialien erhöht und Teile davon schließlich zur Bombenproduktion genutzt werde könnten.

Auch drei Jahrzehnte nach Aufnahme der kommerziellen Atomstromproduktion gäbe es nirgendwo auf der Welt ein sicheres Endlager für den radioaktiven und hochgiftigen Atom-müll. Der langfristige Verbleib der atomaren Abfälle sei völlig ungeklärt. Eine sichere Endlagerung der viele Tausend Jahre strahlenden Abfälle sei prinzipiell unmöglich.

Vor dem Hintergrund des in der Gesellschaft vorhandenen und nun bereits seit drei Jahrzehnten dauernden Widerstands

hat die Bundesregierung im Juni 2000 mit den Betreibern von Kernkraftwerken eine Vereinbarung zur Befristung der Atomenergienutzung geschlossen. Darin heißt es:

„Der Streit um die Verantwortbarkeit der Kernenergie hat in unserem Land über Jahrzehnte hinweg zu heftigen Diskussionen und Auseinandersetzungen in der Gesellschaft geführt. Unbeschadet der nach wie vor unterschiedlichen Haltungen zur Nutzung der Kernenergie respektieren die EVU die Entscheidung der Bundesregierung, die Stromerzeugung aus Kernenergie geordnet beenden zu wollen. Vor diesem Hintergrund verständigen sich Bundesregierung und Versorgungsunternehmen darauf, die künftige Nutzung der vorhandenen Kernkraftwerke zu befristen. Andererseits soll unter Beibehaltung eines hohen Sicherheitsniveaus und unter Einhaltung der atomrechtlichen Anforderungen für die verbleibende Nutzungsdauer der ungestörte Betrieb der Kernkraftwerke wie auch der Entsorgung gewährleistet werden. Beide Seiten werden ihren Teil dazu beitragen, daß der Inhalt dieser Vereinbarung dauerhaft umgesetzt wird.“

*Die Vereinbarung zwischen der Bundesregierung und den Energieversorgungsunternehmen ist erhältlich bei der Bundesregierung
Tel. 030/4000-0 oder
www.bundesregierung.de*

Ausgehend von einer Regellaufzeit von 32 Jahren wird für jede einzelne Anlage festgelegt, welche Strommenge sie bis zu ihrer Stilllegung maximal produzieren darf. Da die Vereinbarung die Umverteilung der festgelegten Strommengen zwischen den Anlagen zuläßt, bleibt zunächst offen, wann ein bestimmtes Kernkraftwerk stillgelegt und auch, wann die letzte Anlage geschlossen wird.

Umweltverbände lehnen diesen Kompromiss zwischen Bundesregierung und den Betreibern von Kernkraftwerken als unzureichend ab und bezeichnen ihn als verdeckte „Bestandsgarantie für die Atomwirtschaft“. Durch den Weiterbetrieb von Atomanlagen werde der Umstieg auf neue Energietechniken, insbesondere Einspartechniken und kohlenstofffreie Energiequellen (Sonne, Wind, Wasser, Biomasse) behindert und erheblich verzögert. Auch aus klimapolitischen Gründen sei daher ein schneller Ausstieg aus der Kernenergienutzung wünschenswert und notwendig.

Andererseits votieren Politiker aus CDU und FDP gegen einen Atomausstieg und kündigen an, die Vereinbarung zum Atomausstieg wieder aufheben zu wollen. Der Konflikt um die Kernenergie scheint also noch nicht beendet zu sein.

Selbstverpflichtung der Bundesrepublik Deutschland

Daß eine prinzipielle Neuorientierung der Energiesysteme hin zu risikoärmeren und umweltschonenderen Verfahren auch ohne Wohlstandseinbußen möglich ist, zeigen beispielsweise Lovins, A., Hennicke, P. (1999): Voller Energie. Frankfurt, New York: Campus.

Die Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ forderte bereits 1995, daß in der Bundesrepublik Deutschland die CO₂-Emissionen bis zum Jahre 2005 zunächst um 30% und bis zum Jahre 2050 um 80% verringert werden.

Bundesregierung und Bundestag haben schon 1990 den Beschluß gefaßt, bis zum Jahr 2005 den energiebedingten CO₂-Ausstoß um 25-30 Prozent gegenüber dem Niveau von 1987 zu senken. Alle Bundesregierungen haben diese Zielsetzung immer wieder bekräftigt und Umsetzungsinitiativen angekündigt.

Zu Beginn der 90er Jahre wurden die energiebedingten CO₂-Emissionen in Deutschland bereits erheblich vermindert. Insbesondere als Folge des Zusammenbruchs von Teilen der ostdeutschen Grundstoff- und Schwerindustrie sank im vereinten Deutschland der CO₂-Ausstoß von 12,8 (1990) auf 10,9 t pro Kopf (1995).

Während 1990 bis 1998 im Bereich der Industrie der Ausstoß um 31 Prozent und bei der Energiewirtschaft um 16 Prozent zurückging, stiegen die Emissionen im Verkehrsbereich um 11 Prozent und bei den Privathaushalten um 6 Prozent.

Seit 1993 – nachdem die Sonderentwicklung in den neuen Bundesländern ausgelaufen ist – gehen die Gesamtemissionen in Deutschland nur noch wenig zurück. Wir befinden uns demnach nicht auf einem für die Zielerreichung im Jahre 2005 erforderlichen Reduktionspfad.

Wenn es nicht bald auf allen Ebenen zu schnell wirksamen Klimaschutzpolitischen Maßnahmen kommt, wird in Deutschland das gesetzte Ziel nicht erreicht werden (vgl. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung: CO₂-Emissionen in Deutschland: Weiterhin vom Zielpfad entfernt. In: DIW-Wochenbericht 6/99).

Nationales Klimaschutzprogramm

Um das Ziel der Minderung der CO₂-Emissionen bis 2005 gegenüber 1990 um 25 Prozent doch noch zu erreichen, beschloß die Bundesregierung im Oktober 2000 ergänzend zu den bereits realisierten Maßnahmen (Ökosteuer, Förderung von erneuerbaren Energien ...) ein *Nationales Klimaschutzprogramm*. Dieses besteht aus einer Vielzahl von Vorhaben und einzelnen Maßnahmen z.B.:

- Zum Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung will die Regierung eine Quotenregelung gesetzlich einführen

Das Klimaschutzprogramm ist beim Bundesministerium für Umwelt (vgl. Kap. 6.5) erhältlich.

- Eine Energieeinsparverordnung, in der die bisherigen Verordnungen für Wärmeschutz und Heizungsanlagen zusammengeführt werden, soll für Neubauten um 30 Prozent niedrigere Verbrauchswerte vorgeben
- Die wärmetechnische Sanierung von bestehenden Gebäuden wird durch zinsgünstige Kredite gefördert
- Die Energieerzeugung aus Brennstoffzellen wird finanziell gefördert
- Die Deutsche Bahn soll bei Infrastrukturmaßnahmen unterstützt und andererseits der LKW-Verkehr mit einer Autobahngebühr belastet werden
- Die deutsche Wirtschaft soll ihre bereits 1996 abgegebene Selbstverpflichtung zur Minderung der CO₂-Emissionen verstärken und umsetzen.

Über die Ergebnisse des Klimaschutzprogramms will die Bundesregierung regelmäßig die Öffentlichkeit unterrichten.

Fazit

Eine wirksame Strategie zum Schutz der Erdatmosphäre macht klare politische Weichenstellung auf nationaler und internationaler Ebene, das Engagement vieler Akteure und vernetztes Handeln erforderlich. Umdenken und Umsteuern in der Politik, in Unternehmen und im persönlichen Handeln jedes einzelnen Menschen sind notwendig, wenn die Emissionen von Treibhausgasen im erforderlichen Umfang gesenkt und der anthropogene Treibhauseffekt in akzeptablen Grenzen gehalten werden soll.

Quellen:

Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages (Hg.): Mehr Zukunft für die Erde. Nachhaltige Energiepolitik für dauerhaften Klimaschutz. Bonn: Economica 1995.
E. U. v. Weizsäcker, A. B. Lovins, L. H. Lovins: Faktor Vier. Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauchen. München: Droemer 1995.
Lovins, A., Hennische, P.: Voller Energie. Frankfurt, New York: Campus: 1999.
Graßl, H.: Wetterwende. Vision: Globaler Klimaschutz. Frankfurt, New York: Campus 1999.