

Themen

Service für Presse, Hörfunk und Fernsehen

**Klimadiskussion
im Spannungsfeld**



Impressum

Herausgeber:

Medienfachverlag Rommerskirchen GmbH, Mainzer Straße 16-18,
53424 Remagen-Rolandseck, Telefon: (02228) 93 11 30

In Zusammenarbeit mit



Bundesverband Braunkohle

Postfach 40 02 52

50832 Köln

Tel.: (02234) 18 64 0

Fax: (02234) 18 64 18

debriv@braunkohle.de

www.braunkohle.de

Verantwortlich:

Dipl.-Volkswirt Uwe Maaßen

Gestaltung: agreement werbeagentur gmbh

Druck: L.N. Schaffrath, Geldern

Kurzporträt

Der DEBRIV wurde vor über 110 Jahren in Halle gegründet. Als Deutscher Braunkohlen-Industrie-Verein e. V. arbeitete er konsequent daran, die technische, wissenschaftliche, wirtschaftliche und politische Entwicklung der Braunkohlenindustrie voranzubringen. Seit der Wiedervereinigung ist der DEBRIV als Bundesverband Braunkohle Plattform für alle Unternehmen der Braunkohlenindustrie, um die gemeinsamen Interessen zu vertreten.

Inhalt

Klimavorsorge – ein Thema mit vielen Aspekten	3
Es gibt keine Stabilität des Klimas	4
Die Sonne – ein launischer Stern	6
Die Rolle des Kohlendioxids in der Klimadebatte	8
Die Rolle des Wassers in der Klimadebatte	11
Der Mensch: Eher Klima-Folger als Klima-Macher	12
Wie sicher sind unsere Klimaprognosen?	13
Klimavorsorge – ein Element der nachhaltigen Entwicklung	14
Beiträge der deutschen Braunkohle zum Klimaschutz	15
Zukunft der Klimapolitik	18
Internet, Literatur	18/19
Das Wesentliche auf den Punkt gebracht	20



Klimavorsorge – ein Thema mit vielen Aspekten

von George Milojevic
Hauptgeschäftsführer
des DEBRIV - Bundesverband Braunkohle

Die Debatte um die Eingrenzung der Treibhausgasemissionen ist geprägt vom Prinzip der Vorsorge und ausgerichtet auf eine nachhaltige Gestaltung der Zukunft. Wir können heute nicht exakt berechnen, welchen Einfluss die Weltbevölkerung auf die Entwicklung des Klimas hat, unser Blick in die Zukunft ist von Besorgnis über mögliche Risiken geprägt. Diejenigen, die heute über die Auswahl geeigneter Instrumente zur Minderung anthropogener CO₂-Emissionen befinden müssen, stehen vor einer schwierigen Abwägungsaufgabe. Denn in ihren Konsequenzen greifen viele Maßnahmen tief in bestehende wirtschaftliche und soziale Strukturen ein. Zu wenig Vorsorge kann ebenso gravierende Auswirkungen haben, wie ein Zuviel.

Die Intensität der Instrumente hängt entscheidend von den Annahmen und Erkenntnissen der Klimaforschung ab. Es ist bemerkenswert und in der Wechselwirkung von Wissenschaft und Politik bisher einmalig, in welchem kurzem Abstand wissenschaftliche Erkenntnisse zu Fragen der Klimaveränderung in praktische Politik umgesetzt werden. Dies birgt Risiken. Eine weltweite Vernetzung der Forschungsaktivitäten im International Panel on Climate Change (IPCC) soll die Zuverlässigkeit der wissenschaftlichen Arbeit erhöhen.

Die Klimamodellrechner stehen vor einem Dilemma: Die vorhandene Datentechnik reicht noch immer nicht aus, um die Komplexität der Klimazusammenhänge in Modellen vollständig abzubilden. Dessen ungeachtet produziert die internationale Klimaforschung eine Vielzahl möglicher Szenarien und erschwert die Festlegung konkreter Handlungsempfehlungen. Schließlich: Die Rezeption der IPCC-Papiere durch Politik, Medien und Öffentlichkeit fokussiert sich auf die negativen Extreme.

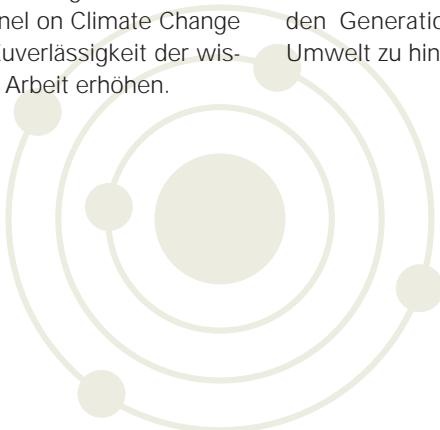
Der Rückblick in die Klimageschichte der Erde offenbart Erkenntnisse über die komplexen Wirkzusammenhänge bei der Klimabildung. Die Erkenntnisse der Geowissenschaften liefern keine Beweise für die Richtigkeit der Ergebnisse der EDV-gestützten Klimamodelle. Sie widerlegen sie allerdings auch nicht. Die Unsicherheit bleibt.

Eine präzise Prognose zur künftigen Klimaentwicklung ist derzeit nicht möglich. Insofern ist die Anwendung des Vorsorgeprinzips auch im Klimaschutz der richtige Weg. Aber dieses Prinzip muss sich in das Zieledreieck der nachhaltigen Entwicklung einordnen, sonst verliert es seinen Sinn, nachfolgenden Generationen eine lebenswerte Umwelt zu hinterlassen.

Alleingänge einzelner Staaten sind letztlich ohne Wirkungen. Nur durch eine mittelfristige Einigkeit der ganzen Welt über Ziele und Maßnahmen, die im Laufe von Jahrzehnten umgesetzt werden müssen, kann dem Vorsorgegedanken Rechnung getragen werden. Dabei macht das gemeinsame Vorgehen der Industriestaaten insgesamt durchaus Sinn.

Ferner darf das Vorsorgeprinzip im Klimaschutz nicht als Mauer dienen, hinter der sich Vorstellungen von einer kohlenstofffreien Energieversorgung zur Unzeit entwickeln. Kohlenstoffhaltige Energieträger, die sogenannten fossilen Energien, werden in der Weltenergieversorgung noch Jahrzehnte die zentrale Rolle spielen. Es kommt darauf an, sie so einzusetzen, dass die möglichen Auswirkungen auf das Klima so gering wie möglich bleiben.

Die vorliegende Publikation leistet einen Beitrag, wichtige und aktuelle klimarelevante Erkenntnisse der Wissenschaften breiter bekannt zu machen. Das Verständnis der historischen Klimaforschung ist unerlässlich für die Prognosesicherheit zukünftiger Klimaentwicklungen. Wir machen in dieser Publikation zudem deutlich, welche Anstrengungen gerade in der deutschen und europäischen Braunkohlenindustrie unternommen werden, um den Einsatz fossiler Energien so klimaverträglich wie möglich zu gestalten.



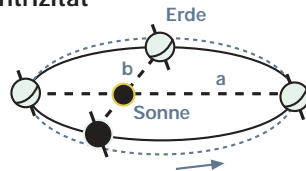
Es gibt keine Stabilität des Klimas

Unter Klimaforschern gibt es ein geflügeltes Wort: „Das Klima fährt Achterbahn“. Dieser Satz gilt nicht erst seit dem Eingreifen des Menschen in den Natur- und Ressourcenhaushalt der Erde, sondern seit Entstehung unseres Planeten. **In großen Zeiträumen wechselten Kaltzeiten mit Warmzeiten.** Es folgten Kalt- und Warmzeiten aufeinander und auch in den jeweiligen Phasen traten erhebliche Klimaschwankungen auf. Für die Klimaforschung steht fest: **Derzeit befinden wir uns in der Warmzeit einer Eiszeit.** Langfristig werden die Temperaturen mit großer Sicherheit wieder sinken. Doch womit begründen Klimaforscher diese Prognose?

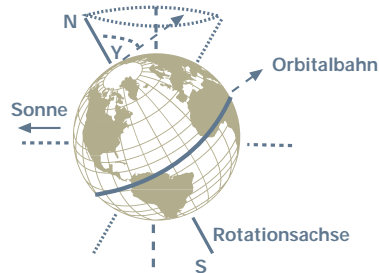
Die durch die historische Klimaforschung in den zurückliegenden Jahrzehnten erschlossenen „Klimaarchive“ haben ein beeindruckend dichtes Bild der Klimaentwicklung auf der Erde rekonstruiert, das große Zeiträume ebenso wie kurzfristige Änderungen erfasst. Veränderungen des Klimas lassen sich in guter Korrelation mit Veränderungen der Erdoberfläche, mehr noch aber mit den wechselnden Beziehungen zwischen Erde und Sonne in Verbindung bringen. Für alle Klimaforscher ist die **Sonne unser „Klimamotor“.**

Über die Sonne werden wir ständig mit Energie versorgt. Atmosphäre und Erdoberfläche nehmen diese Energie auf. Die Ozeane und die Atmosphäre verteilen die ständige Energiezufuhr über unseren Planeten. Doch die Energiezufuhr der Sonne schwankt in Abhängigkeit von drei Phänomenen:

Exzentrizität



Präzessionskreis der Erdrotationsachse

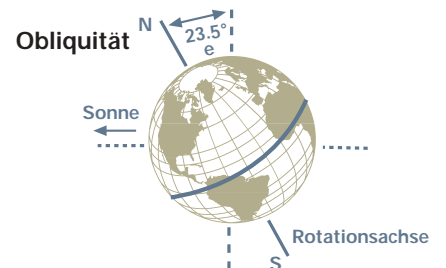


Die Obliquität:

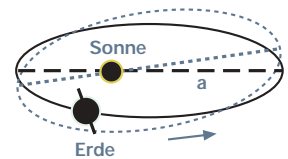
Der Jahreszeitenwechsel auf der Erde mit jeweils gegenteiligen Jahreszeiten auf der Nord- und der Südhalbkugel resultiert aus der **Neigung der Erdrotationsachse**. Dieser Neigungswinkel schwankt im Verlaufe von etwa 41.000 Jahren zwischen 22 und 24,8 Grad. Je größer der Neigungswinkel ist, desto größer sind auch die jahreszeitlichen Temperaturunterschiede. Derzeit liegen wir mit einem Neigungswinkel von 23,5 Grad etwa in der Mitte.

Die Exzentrizität:

Die **elliptische Umlaufbahn** unserer Erde um die Sonne schiebt sich im Laufe der Jahrtausende. Dadurch fällt der Punkt der größten oder geringsten Entfernung in unterschiedliche Jahreszeiten. Derzeit ist die Erde während des Winters auf der Nordhalbkugel der



Präzession der Orbitalbahn



Sonne am nächsten und während des Sommers ist der Abstand am größten. Das dämpft die Temperaturschwankungen auf der nördlichen Halbkugel, während auf der Südhalbkugel die Jahreszeiten extremer ausfallen.

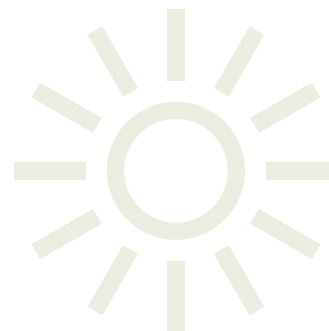
Die Präzession:

Sowohl die Erdrotation wie die Umlaufbahn verändern sich nicht nur zyklisch, sie unterliegen auch dem sogenannten **Wackeln oder Trudeln der Erde**. Die Folge sind zyklisch wiederkehrende Klimaänderungen.

Aber es ist nicht nur unsere Lage und Entfernung zur Sonne, die das Klima in vorhersagbaren Zeiträumen ändert, es ist auch die Sonne selbst, die Auswirkungen auf unser Klima hat und zwar ebenfalls in relativ stabilen Zyklen.



Die Sonne – ein launischer Stern



Noch vor wenigen Jahren stand die Sonne im Ruf, ein stabiler Energielieferant für die Erde und die anderen Planeten unseres Sonnensystems zu sein. Inzwischen steht fest: **Die Sonne ist ein veränderlicher Stern – was nicht ohne Auswirkungen auf unser Klima bleibt.**

Zu den besonderen Merkmalen der veränderlichen Sonne gehört die relativ regelmäßige Bildung dunkler Flecken auf der Sonnenoberfläche. Seit rund 350 Jahren werden diese Sonnenflecken beobachtet. Satellitenmessungen der zurückliegenden Jahre ergaben, dass – obwohl es widersprüchlich klingt – die Sonne beim Maximum der dunklen Flecken mehr Strahlung abgibt als beim Minimum. Dies liegt an der gleichzeitig großen Verbreitung der hellen Sonnenfackeln während eines Sonnenfleckenmaximums.

Gesteuert wird die Zahl der Sonnenflecken durch den internen Dynamo der Sonne und zwar im Rahmen regelmäßiger Zyklen: Im langjährigen Mittel kommt es alle elf Jahre zu einem Maximum der Sonnenflecken. Ihre Zahl kann bis auf 200 ansteigen. Allerdings fiel dieser Zyklus zwischen 1625 und 1720 aus, auch im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts legten die Sonnenflecken eine Pause ein. Beides Perioden, die von niederschlagsreichen, kalten Jahren mit Ernteausfällen und Hungersnöten geprägt waren. Dieser kurze Sonnenfleckenzyklus, Schwabe-Zyklus genannt, wird von weiteren längeren Zyklen überlagert: Dem Gleißberg-Zyklus mit 80 bis 90 Jahren sowie dem Seuss-Zyklus, der sich alle 208 Jahre wiederholt. Fest steht, dass in Zeiten geringer Sonnenfleckenaktivität die auf die Erde treffende Energiemenge der Sonne be-

sonders niedrig ist. **Die Sonnenfleckenzyklen sorgen dafür, dass die Energieeinstrahlung auf die Erde um bis zu vier Watt pro Quadratmeter schwanken kann** (Grafik 1.0). In den vergangenen 150 Jahren variierte die Zahl der Sonnenflecken und damit die Energiestrahlung erheblich.

Zu den Ergebnissen der Klimaforschung gehört, dass der Verlauf der Sonnenfleckenintensität sich seit Mitte des 19. Jahrhunderts – dem Beginn regelmäßiger Temperaturentwicklungen – über weite Zeiträume gut mit der Temperaturentwicklung deckt (Grafik 1.1): Bis etwa 1890 sanken die Durchschnittstemperaturen. Dann folgte ein Anstieg bis 1940 und ein erneuter Abfall bis in die siebziger Jahre, um dann wieder anzusteigen. Zu berücksichtigen bleibt allerdings, dass erst seit etwa 20 Jahren zuverlässige globale Temperaturmessungen der unteren Troposphäre (ca. acht km Höhe) durch Satelliten durchgeführt werden. Für frühere Zeiten können Temperaturangaben nur für bestimmte Regionen gemacht werden.

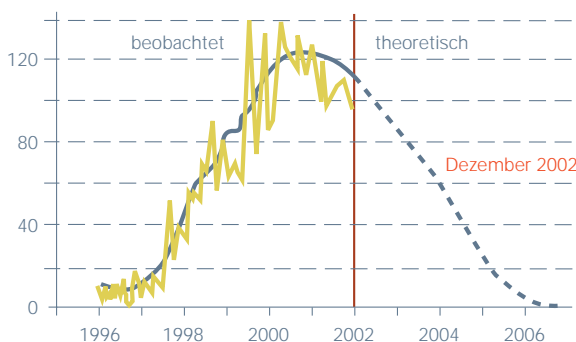
Ab 1996 stieg die Zahl der Sonnenflecken zyklusbedingt stark an. Von Anfang 2000 bis Anfang 2001 durchlief die Sonne das Maximum des derzeitigen Sonnenfleckenzyklus. Folgen die

Sonnenflecken den bekannten Zyklen müsste ihre Zahl bis 2006 wieder deutlich fallen (Grafik 1.2).

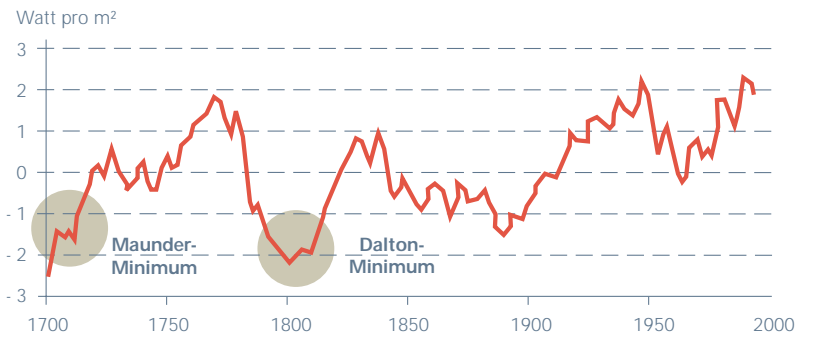
Lange fehlte den Klimaforschern eine Erklärung für die Parallelität zwischen Sonnenaktivität und Temperaturverlauf auf der Erde. Eine Hypothese geht davon aus, dass neben der direkten Änderung der Energiestrahlung der Sonne, auch der Sonnenwind indirekt Auswirkungen auf die Wolkenbildung hat (Grafik 1.3). Der sich ändernde Sonnenwind sorgt dafür, dass hochenergetische Partikel aus dem Kosmos in die Erdatmosphäre eindringen und dort als Keime für die Wolkenbildung wirken. Neueste Messungen in der Atmosphäre konnten aus diesen Partikeln gebildete Ionenansammlungen nachweisen und zudem gelang es Wissenschaftlern, die Physik der Bildung von Kondensationskeimen in einem Modell mathematisch darzustellen. Andere Forscher sehen darüber hinaus Zusammenhänge zur UV-Strahlung in der Stratosphäre (10 bis 50 km).

Die Klimaforscher gehen heute davon aus, dass die Sonnenenergieschwankungen zumindest für 20 bis 25 Prozent des Temperaturanstiegs verantwortlich sind. Dies berücksichtigt allerdings die indirekten Effekte der Wolkenbildung noch nicht.

Anzahl Sonnenflecken

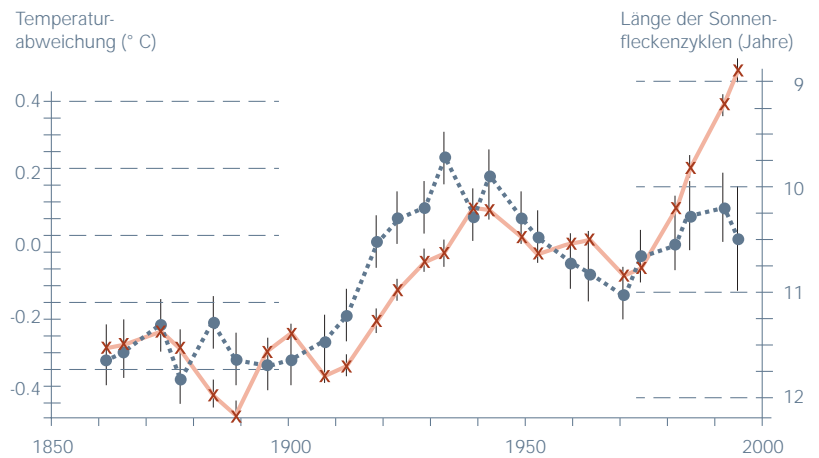


Grafik 1.2: Erwartete Entwicklung der zukünftigen Sonnenaktivitäten (nach Daten des Sunspot Index Data Center, Brüssel)

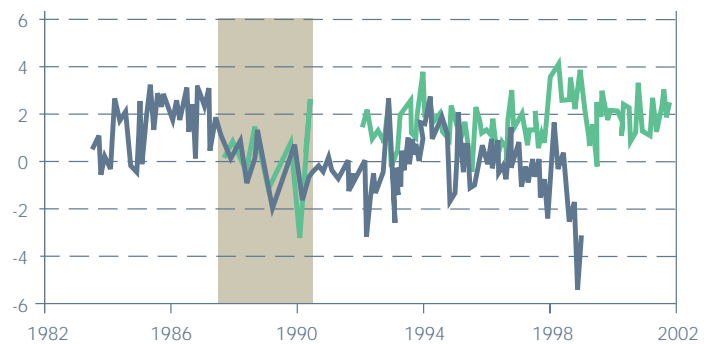


Grafik 1.0: ■ Sonnenenergie

Mit der Anzahl der Sonnenflecken veränderte sich in der Zeitspanne von 1700 bis 2000 n. Chr. auch die Zufuhr von Sonnenenergie auf die Erde. In Zeiten geringer Sonnenfleckenaktivität ist die Energiemenge besonders niedrig (nach Hoyt; Schatten; Oxford, 1997).



Grafik 1.1: ■ Temperatur ■ Sonnenflecken (mit Darstellung des Unsicherheitsbereiches). Die Länge der Sonnenfleckenzyklen zeigt eine auffallende Ähnlichkeit mit der Temperaturänderung zwischen 1860 und 1980 (nach Thejll, Lassen, DMI 1999).



Grafik 1.3: ■ Wolkenbedeckung ■ Höhenstrahlung

Satellitenbeobachtungen aus der Zeit zwischen 1980 und 1995 belegen: Die Höhenstrahlung aus dem Weltall steht in Zusammenhang mit der Wolkenbildung in der Atmosphäre (nach Marsh, Svensmark, 2001).

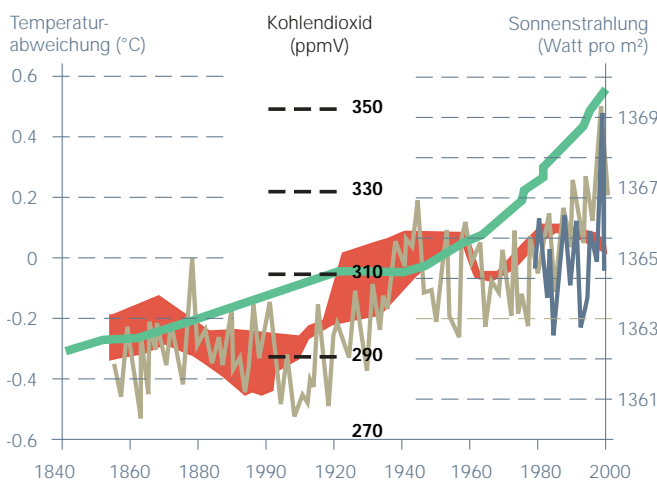
Die Rolle des Kohlendioxids in der Klimadebatte

Das Kohlendioxid steht im Zentrum der Klimadiskussion. In das öffentliche Meinungsbild hat sich dieses Gas als „Klimakiller Nummer Eins“ eingegraben. Doch es kommen Zweifel auf, ob der Anstieg der Kohlendioxid-Konzentration in der Atmosphäre und ein Temperaturanstieg Hand in Hand gehen. Es mehren sich die Hinweise, dass neben CO₂ auch andere Faktoren eine wichtige Rolle spielen.

Unzweifelhaft ist, dass die Konzentration des Kohlendioxids in der Atmosphäre schwankt. Seit Beginn der Industrialisierung und dem damit verbundenen Anwachsen des Einsatzes kohlenstoffhaltiger Primärenergien stiegen die CO₂-Konzentrationen von 280 auf 365 ppm (parts per million) an. Klimawissenschaftler befürchten durch einen weiteren Anstieg der Treibhausgase nachteilige Auswirkungen auf

Klima und Ökosysteme und leiten daraus mit unterschiedlicher Dringlichkeit klimapolitische Maßnahmen ab.

Aktuelle Untersuchungen belegen jedoch, dass die CO₂-Konzentration nicht so stark gestiegen ist, wie aufgrund der CO₂-Emissionen zu erwarten gewesen wäre. Rund **50 Prozent des vom Menschen produzierten Kohlendioxids wird von natürlichen Senken aufgefangen**. Hierzu gehören die Ozeane und die Wälder. Wegen der Unsicherheiten im globalen Kohlenstoffkreislauf ist es nicht möglich, einfach von den CO₂-Emissionen auf den Anstieg in der Atmosphäre zu schließen. Bisher gibt es kein Klimamodell, in das der Kohlenstoffzyklus einbezogen wird. Die CO₂-Entwicklung wird immer vorgegeben. Einige Forscher arbeiten jedoch an der Berücksichtigung dieser Faktoren.



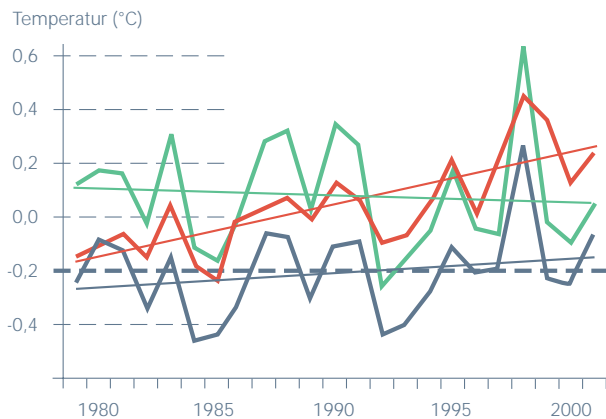
Grafik 2.0: ■ Sonnenstrahlung ■ Temperatur (Satelliten)
■ Temperatur (Bodenstationen) ■ Kohlendioxid

Quelle: Jones et al. (2001); Spencer & Christy (2001); Solanki, MPI f. Aeronomie (2001)



Bei einem Vergleich des Anstiegs der CO₂-Konzentration der vergangenen 120 Jahre mit der Temperaturentwicklung fällt auf, dass der größte Temperaturanstieg stattgefunden hat, als CO₂ noch kein bedeutender Faktor war, nämlich um 0,6 Grad zwischen 1880 und 1940 – seither, je nach Datenquelle 0,2 – 0,3 Grad. Für die Jahre zwischen 1940 und 1960 gilt sogar: Bei steigendem CO₂-Gehalt sanken die Durchschnittstemperaturen (Grafik 2.0). Dies lässt nur eine Folgerung zu: Es gibt neben CO₂ andere Einflussgrößen auf die Temperatur.

Unsicherheiten gibt es auch bei der Ermittlung der Temperaturdaten. So weisen die seit 1979 verfügbaren Temperaturmessreihen der NASA-Satelliten, die Temperaturmittelwerte über die untere Troposphäre bestimmen, einen wesentlich schwächeren Anstieg auf als die



Grafik 2.1: Abweichung von jeweiliger Durchschnittstemperatur

■ Erdmessung (auch linear) ■ Satelliten (auch linear) ■ Wetterballone (auch linear)

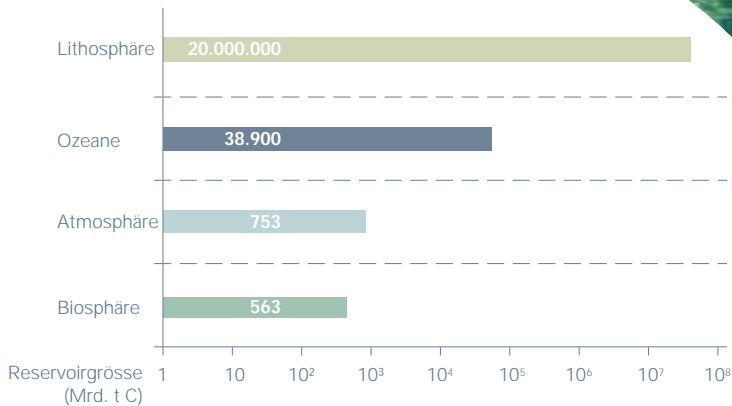
Quelle: Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change

Bodenmessungen. Die Satellitemessreihen werden ihrerseits durch die Daten der Wetterballone bestätigt. (Grafik 2.1.)

Da sich aus einer kurzen Zeitspanne von wenigen Jahrzehnten bzw. rund 150 Jahren kaum belastbare Aussagen ableiten lassen, haben Geowissenschaftler die historischen Klimaarchive der Gletscher und Meeresablagerungen erschlossen. Ein an der russischen Ant-

arktisstation Vostok erbohrter **Eiskern** mit einer Länge von rund 3.600 Metern erlaubt heute den **Rückblick in 420.000 Jahre Klimageschichte**. In diesem Eiskern sind vier Warm- und Kaltzeiten dokumentiert. Die Analyse erbrachte, dass die Durchschnittstemperaturen an der Eisoberfläche während der gesamten Zeitspanne um etwa 12 Grad schwankten. Die Konzentration von CO₂ schwankte zwischen 180 und 300 ppm.





Grafik 2.2: Die großen Kohlenstoffspeicher der Erde.

80 % Karbonate	97 % anorg. gelöst
20 % fein verteilt	2,6 % org. gelöst
0,04 % Kohlen und Öl	0,08 % org. partikulär
99,6 % Kohlendioxid	99,5 % Land
0,32 % Methan	0,5 % Meer
0,08 % Kohlenmonoxid	

Zahlreiche Klimarekonstruktionen aus verschiedenen Regionen der Erde belegen mittlerweile, dass **die Kohlendioxid-Konzentration in den vergangenen 570 Millionen Jahren nicht der einzige Faktor war, der einen Einfluss auf den Temperaturverlauf gehabt hat**. Geowissenschaftler konnten nachweisen, dass langfristige Temperaturveränderungen eher mit größeren Bewegungen der Erdkruste im Zusammenhang stehen. Die Verschiebung der Kontinente veränderte die Energierückstrahlung der Erde und trug so zum Temperaturwechsel bei – lautet einer der Erklärungsversuche.

James Hansen vom Goddard Institute for Space Studies der NASA und Makiko Sato (Columbia University) stellen die Bedeutung des CO₂ und der anderen Treibhausgase (FCKW, Methan, NO_x) für das Industriezeitalter in ein neues Licht. Als bisher unterschätzten Faktor haben die beiden Forscher Ruß aus unvollständigen Verbrennungsprozessen identifiziert. Gerade in der Redu-

zierung von Methanemissionen und Ruß sehen die Forscher das größte Potenzial, schnelle und kostengünstige Beiträge zur Klimavorsorge zu leisten. Hansen stellt in seiner Studie auch fest, dass sich die Zunahme der Treibhausgasemissionen in den letzten 15 Jahren deutlich abgeschwächt hat. Nach seinen Berechnungen wird in einem „business-as-usual scenario“ die globale Erwärmung in den nächsten 50 Jahren bei 0,7 Grad liegen. Dieser Wert liegt im unteren Bereich der von der IPCC veröffentlichten Daten.

Die CO₂-Konzentration ist eingebunden in den gesamten Kohlenstoffkreislauf auf unserem Planeten.

Die gesamte Kohlenstoffmenge des atmosphärischen Kohlendioxids wird mit rund 750 Milliarden Tonnen angegeben. Hinzu kommen kleine Mengen Methan und Kohlenmonoxid. Damit

ist die Atmosphäre ein bedeutendes, aber längst nicht das größte Kohlenstoffreservoir der Erde (Grafik 2.2). Rund 38.900 Milliarden Tonnen Kohlenstoff befinden sich in den Meeren und Ozeanen. Noch größer ist die gespeicherte Menge in Gesteinen (Lithosphäre).

Zwischen den verschiedenen Reservoirern herrscht ein kontinuierlicher Austausch, in den auch die zusätzlich von Menschen freigesetzten Kohlenstoffmengen integriert sind. So verbleiben heute weniger als 50 Prozent der jährlich vom Menschen verursachten Kohlendioxid-Emissionen in der Atmosphäre. Diese Austauschprozesse haben dazu geführt, dass heute nur etwa drei bis vier Prozent der atmosphärischen Kohlendioxidmenge aus der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Energieträger stammen.



Die Rolle des Wassers in der Klimadebatte

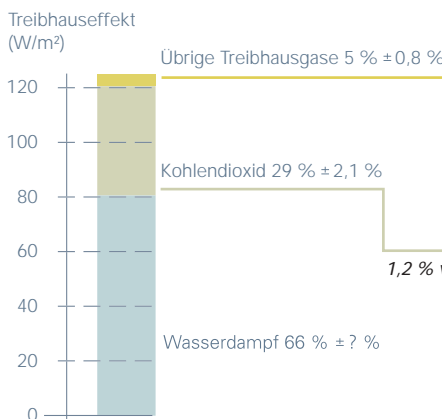


Wasserdampf ist das Haupt-Treibhausgas. Gemeint ist damit aber nicht der zusätzlich vom Menschen verursachte Klimaeffekt, sondern die lebensnotwendige Erwärmung der Atmosphäre. Kohlendioxid, Ozon, Stickoxide und Methan folgen – was ihre Klimawirksamkeit betrifft – erst mit großem Abstand.

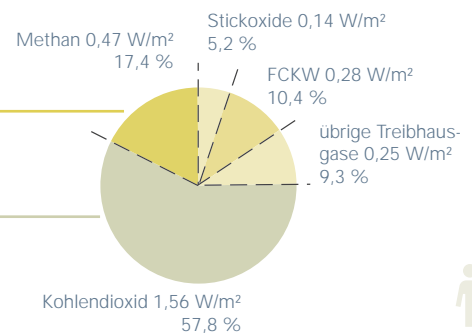
Bewirkt wird dies durch die unterschiedliche Fähigkeit der drei Gase, Strahlungsenergie der Sonne aufzunehmen und in Wärmeenergie umzuwandeln. Wasserdampf kann Sonnenenergie in einem relativ breiten Spektrum von Wellenlängen absorbieren. Rund **zwei Drittel des natürlichen Treibhauseffektes gehen deshalb auf die Wirkung des Wasserdampfes zurück**. Auf Kohlendioxid entfällt ein Anteil von knapp 30 Prozent und auf die übrigen Treibhausgase etwa fünf Prozent. Wasserdampf ist damit der entscheidende Faktor für die Energiebilanz der Atmosphäre (Grafik 3.0). Ohne Treibhausgase lägen die Durchschnittstemperaturen auf der Erde bei rund minus 18 Grad.

Darüber hinaus sind die komplexen klimatischen Wirkungen der Wolken, die aus dem Wasserdampf hervorgehen, nur sehr schwer in die Klimamodelle einzubauen. Auch dies erhöht die Unsicherheit über die Ergebnisse der Modellrechnungen. Die Modelle müssen den Wärmetransport in seinen vielfältigen Erscheinungsformen sowie die hydrologischen Kreisläufe von Verdampfung, Niederschlag, Fließ- und Grundwasser, Wolkenbildung, Schnee und Eisbildung beschreiben. Entscheidend für die Auswirkungen des Anstiegs von Treibhausgasen in der Atmosphäre sind die Rückkopplungseffekte, deren Beschreibung erhebliche Probleme macht und nach wie vor große Unsicherheiten beinhaltet. Als Beispiele seien genannt:

- > Wie verändert sich die Wolkenbildung? (Dies kann den Treibhauseffekt dämpfen oder aber auch verstärken.)
- > Wie verändert sich der vertikale Wärmetransport durch Konvektion und Verdampfungs-/Kondensationsvorgänge?
- > Ändern sich die Ozeanströmungen und in welchem Ausmaß?
- > Wie reagiert die Biosphäre? (CO₂-Düngeeffekt).



Grafik 3.0: Gesamt-Treibhauseffekt (nach Raval & Ramanathan, 1989)



Grafik 3.1: menschlicher Treibhausanteil seit 1750 (nach Bengtson, 1997)



Der Mensch: Eher Klima-Folger als Klima-Macher

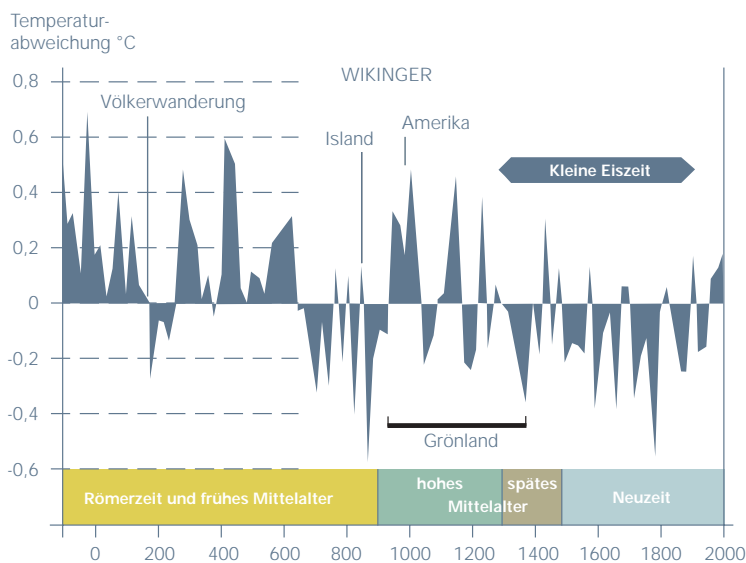


Zu den besonders spannenden Kapiteln der historischen Klimaforschung gehört der Vergleich der Daten aus Klimaarchiven mit der vor- und frühgeschichtlichen Entwicklung des Menschen. Es kann heute als gesichert gelten, dass die demografischen, sozialen, kulturellen und technischen **Entwicklungen des Menschen maßgeblich durch das Klimageschehen bestimmt** wurden.

Zu den mittlerweile akzeptierten Phänomenen gehört das sogenannte „Third Millennium Event“ – eine grundlegende Klimaveränderung im Mittelmeerraum, die ab dem dritten vorchristlichen Jahr-

tausend die Entwicklung verschiedener Hochkulturen in diesem Raum beeinflusst. Auch die Kulturen am Nil und in Mesopotamien scheinen stärker als bisher angenommen von Klimaänderungen geprägt worden zu sein.

Die zentraleuropäische Völkerwanderung in den ersten nachchristlichen Jahrhunderten steht mit Klimaveränderungen in Zentral- und Nordosteuropa in Zusammenhang. Die Besiedlung Islands und Grönlands ab dem 10. Jahrhundert fällt in eine relativ warme Periode und endet abrupt zu Beginn des 15. Jahrhunderts. Auch die Besuche der Wikinger an der nordamerikanischen Küste waren nur in einer Periode relativ warmer Witterung möglich. Die extremen Winter und nassen Sommer um die Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert führten infolge von Ernteausfällen zu Hungersnöten in Mitteleuropa.



Grafik 4.0: Klimaverlauf der letzten 2000 Jahre, bestimmt aus GISP2 Eiskern (Grönland). Die historischen Siedlungsnahmen waren durch klimatische Änderungen bedingt. Quelle: GISP2-Projekt (The Greenland Summit Ice Cores CD-ROM. 1997); Geiss, 2000.



Wie sicher sind unsere Klimaprognosen?

Die Klimaforschung steckt in einem Dilemma: Obwohl viele Aspekte des komplexen Klimasystems der Erde nicht sicher erforscht sind und nicht durch Modelle detailliert abgebildet werden können, verlangen Politik und Öffentlichkeit möglichst präzise Prognosen über die künftige Klimaentwicklung. Die Klimaforscher tragen daher eine hohe Verantwortung, die Belastbarkeit ihrer Aussagen hinsichtlich der Varianz der Modelle gegenüber Politik und Öffentlichkeit verständlich darzustellen. Entscheidungen über Maßnahmen, die für erforderlich gehalten werden, müssen unter Berücksichtigung der Unsicherheit der Modellergebnisse und unter Bewertung von Kosten und Nutzen sachgerecht getroffen werden können.

Insgesamt stellten die rund 1.000 weltweit tätigen Wissenschaftler des Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC) für den jüngsten im Jahr 2001

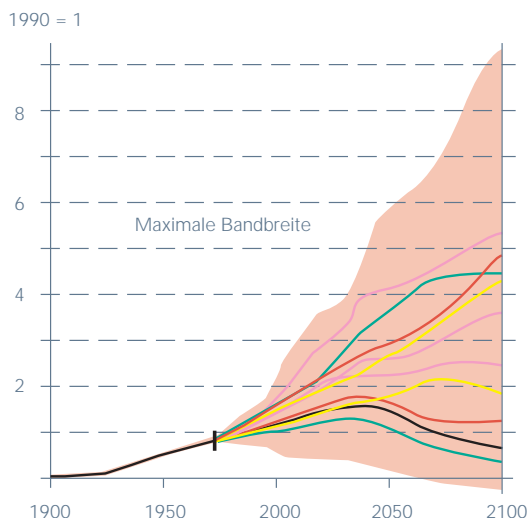
erschienenen Bericht 40 verschiedene Szenarien zusammen. Die Spannbreite möglicher Temperaturerhöhungen bis zum Jahr 2100 infolge des Treibhauseffekts wird vom IPCC auf 1,4 bis 5,8 Grad geschätzt. Während der erste Wert unter den früheren Ergebnissen liegt, ist der Extremwert von 5,8 Grad unrealistisch.

Die Ergebnisse der Modelle weisen eine extreme Bandbreite auf, die von einem Rückgang der CO₂-Emissionen unter den Stand von 1990 bis zu einer Verzehnfachung des Ausgangswertes reichen (Grafik 4.1). Die Eintrittswahrscheinlichkeit des in der öffentlichen Diskussion häufig herausgestellten Extremszenarios gilt jedoch unter Experten als äußerst unwahrscheinlich.

Für den Zeitraum 1990 bis 2100 wird in diesem Extremszenario ein kumulierter Weltölverbrauch von knapp 30.000 EJ

(10¹⁸ Joule) unterstellt, das entspricht dem Doppelten der derzeit bekannten und vermuteten Ölreserven, beim Erdgas übersteigt die Verbrauchsprognose die Ressourcenverfügbarkeit sogar um mehr als das Dreifache und bei der Kohle noch fast um das Doppelte.

Diejenigen IPCC-Szenarien, die enger an die realistischen Entwicklungen des Weltenergieverbrauchs anknüpfen, prognostizieren Temperaturerhöhungen zwischen 2 und 2,7 Grad und liegen damit im Rahmen früherer Veröffentlichungen der internationalen Klimaforscher. Obwohl die Klimamodelle immer besser werden, bleiben sie unvollständig. Neuere Untersuchungen des Goddard Institute for Space Studies der NASA zeigen, dass die **Temperaturen** in den letzten Jahrzehnten zwar gestiegen sind, jedoch **erheblich weniger als nach Klimamodellrechnungen zu erwarten gewesen wäre**.



Grafik 4.1: Mögliche Entwicklung der globalen CO₂-Emissionen bis 2100 (1990 = 1) nach IPCC



Klimavorsorge – ein Element der nachhaltigen Entwicklung

Die deutsche Braunkohlenindustrie bekennt sich zum vorsorgenden Klimaschutz und leistet dazu im Rahmen des zwischen der Bundesregierung und der deutschen Industrie vereinbarten Programms zur Reduzierung von CO₂ einen erheblichen Beitrag. Sie setzt dabei vor allem auf Effizienzsteigerung in ihrem Kraftwerkspark durch Erhöhung der Wirkungsgrade.

Nachhaltige Energiepolitik muss sich an einem Zieledreieck orientieren, in dem Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit gleiches Gewicht haben. Vor diesem Hintergrund wird die Nutzung fossiler Energieträger weltweit noch für Jahrzehnte unverzichtbar sein. Notwendig bleibt also ein sinnvoller Energiemix, der die Vorteile der einzelnen Energieträger optimiert. Unter Klimaschutzaspekten kommt es dabei darauf an, fossile Energieträger möglichst effizient einzusetzen und so die Emissionen zu minimieren.

Ungeachtet der Bereitschaft, an solchen Konzepten konstruktiv mitzuarbeiten,

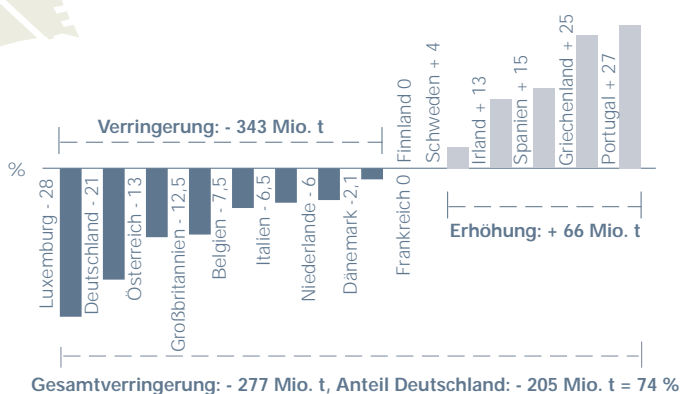
sieht die deutsche Braunkohlenindustrie die Notwendigkeit, die komplexen Kausalitäten des Klimageschehens weiter intensiv zu erforschen. Auch Erkenntnisse der Geowissenschaften im Rahmen der historischen Klimaforschung können hier einen wichtigen Beitrag leisten. Sie sind insbesondere hilfreich für die Verbesserung der Prognosesicherheit künftiger Klimaentwicklungen.

Deutschland hat sich zu einem engagierten Vorkämpfer des internationalen Klimaschutzes entwickelt und ehrgeizige nationale Reduktionsbeiträge zugesichert. International weitgehend akzeptierter Zielmaßstab ist das Kyoto-Protokoll. Die Europäische Union verpflichtete sich auf der Grundlage dieser Vereinbarung zur Reduktion ihrer Klimagas-Emissionen um acht Prozent bis 2008/2012 gegenüber 1990.

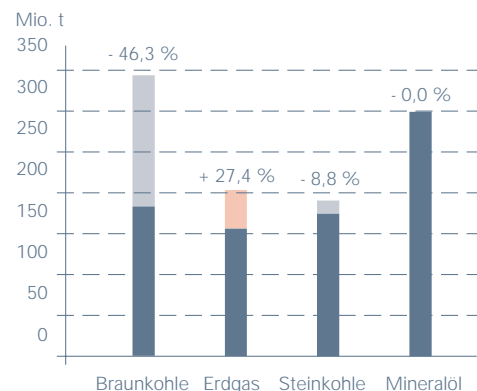
Die Umlegung der Verpflichtungen aus dem Kyoto-Programm auf die einzelnen EU-Mitglieder führte zu extrem unterschiedlichen Reduktionsbeiträgen (Grafik 5.0). Danach muss Deutschland seine CO₂-Emissionen gegenüber 1990

um 21 Prozent senken, hiervon sind bereits rund 19 Prozent erreicht. Dieses positive Zwischenergebnis wurde möglich durch frühzeitige Emissions-senkungen und die Auswahl geeigneter Instrumente. Hierzu zählen insbesondere die Selbstverpflichtungen der deutschen Wirtschaft.

Die USA als einer der weltgrößten Emittenten von klimawirksamen Gasen haben sich dem Kyoto-Protokoll bisher nicht angeschlossen. Da auch die Entwicklungsländer – zumindest bis 2012 – nicht bereit sind, über einen aktiven Klimaschutz nachzudenken, scheint der Ansatz eines wirklich globalen Klimaschutzes in Frage gestellt. Die USA haben sich jedoch der Klimavorsorge nicht grundsätzlich verweigert, vielmehr werden **absolute Reduktionsverpflichtungen abgelehnt**, die wirtschaftliches Wachstum und Bevölkerungsentwicklung unberücksichtigt lassen. Trotz anhaltender internationaler Kritik am Verhalten der USA muss dieser Aspekt bei einer angestrebten langfristigen Entwicklung einbezogen werden.



Grafik 5.0: EU-Lastenverteilung zur Minderung der Treibhausgasemissionen um 8 % bis 2008/2012 im Vergleich zu 1990.

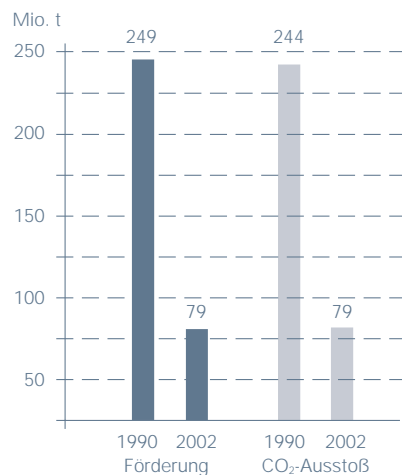


Grafik 5.1: Energiebedingte CO₂-Emissionen in Deutschland 1990 und 2001

Beiträge der deutschen Braunkohle zum Klimaschutz

Erheblichen Anteil an der Senkung der nationalen Kohlendioxid-Emissionen hat die deutsche Braunkohle. Die absolute Höhe der CO₂-Freisetzung als Folge der Verbrennung von Braunkohle ist seit 1990 um nahezu 50 Prozent und damit stärker als bei allen anderen fossilen Energieträgern gesunken (Grafik 5.1). Maßgeblich für diese Entlastung waren der energiewirtschaftliche Umbau in den neuen Bundesländern sowie das umfangreiche Modernisierungs- und Neubauprogramm der deutschen Braunkohlenkraftwerke. Allein in den neuen Bundesländern sanken die CO₂-Emissionen durch die geringere Verbrennung von Braunkohle seit 1990 von 244,5 Millionen Tonnen (Mio. t) auf knapp 80 Mio. t (Grafik 5.2).

Die deutsche Braunkohlenindustrie hat frühzeitig mit dem Pfad der **Effizienzsteigerung** eine Vorsorgestrategie für den Klimaschutz eingeschlagen. Im Rheinland wurden die bestehenden Kraftwerke, soweit ihre Stilllegung nicht absehbar ist, einem Modernisierungsprogramm unterzogen.



Bis Ende 2000 wurden unter dem Projektnamen „Retrofit“ 27 von insgesamt 31 Kraftwerksblöcken mit einem Investitionsaufwand von 280 Millionen Euro ertüchtigt. Die Leistung der Blöcke stieg infolge der zahlreichen technischen Detailmaßnahmen um rund 300 Megawatt (MW) auf 9.760 MW. Der Wirkungsgrad der Anlagen erhöhte sich um 1,3 Prozent; dies führte zu einer Reduktion der CO₂-Freisetzung von zwei Millionen Tonnen jährlich.



Grafik 5.2: Entwicklung der Braunkohlenförderung und des Kohlendioxid-Ausstoßes in den neuen Bundesländern 1990 - 2002

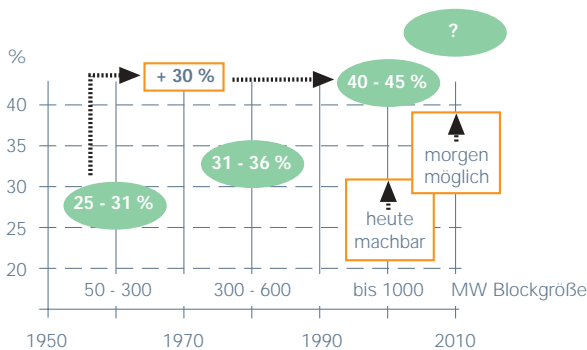




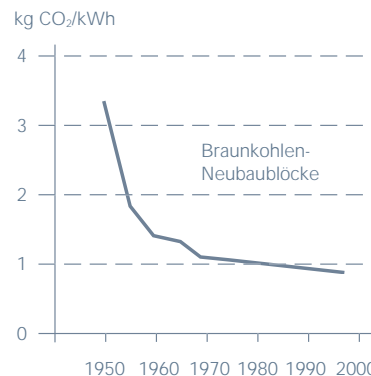
In den Braunkohlenregionen der neuen Bundesländer konnte Ende 2000 ein **Sieben-Milliarden-Euro-Investitionsprogramm** mit der Inbetriebnahme des neuen Braunkohlenkraftwerks Boxberg abgeschlossen werden. Im Rahmen dieses Programms nahm der Berliner Stromerzeuger VEAG (heute: Vattenfall Europe Generation) Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von 8.750 MW vom Netz – vorwiegend Altanlagen mit Wirkungsgraden unter 30 Prozent. Acht Kraftwerksblöcke mit jeweils 500 MW Leistung konnten ertüchtigt und ihr Wirkungsgrad um zehn Prozent erhöht werden.

An drei Standorten errichtete das Unternehmen insgesamt vier neue Braunkohlenblöcke mit einer Gesamtleistung von 3.440 MW: Am Standort „Schwarze Pumpe“ im Lausitzer Braunkohlenrevier entstanden zwei Blöcke mit je 800 MW. Das Kraftwerk Lippendorf, nahe Leipzig, verfügt über eine Leistung von 933 MW. Das Kraftwerk Boxberg weist 907 MW Leistung auf. Die neuerrichteten Anlagen sind nicht nur die größten ihrer Art weltweit, sie sind mit Wirkungsgraden von über 40 Prozent auch die effizientesten. Die gesamte durch das Investitionsprogramm bewirkte Effizienzsteigerung der VEAG-Kraftwerke führt, bezogen

auf eine Stromerzeugung von 50 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr, zu einer Reduzierung des Kohlendioxidausstoßes in Höhe von 21 Prozent gegenüber 1990. Absolut beträgt die Reduktion mehr als 14 Millionen Tonnen. Hinzu kommen weitere von anderen Unternehmen errichtete Großkraftwerke (Schkopau 2 x 490 MW, Lippendorf 933 MW) sowie kommunale und industrielle KWK-Anlagen. Damit leistet die Braunkohle in den ostdeutschen Regionen einen bedeutenden Anteil an der Reduktion des energiebedingten Kohlendioxid-Ausstoßes (Grafiken 5.3, 5.4).

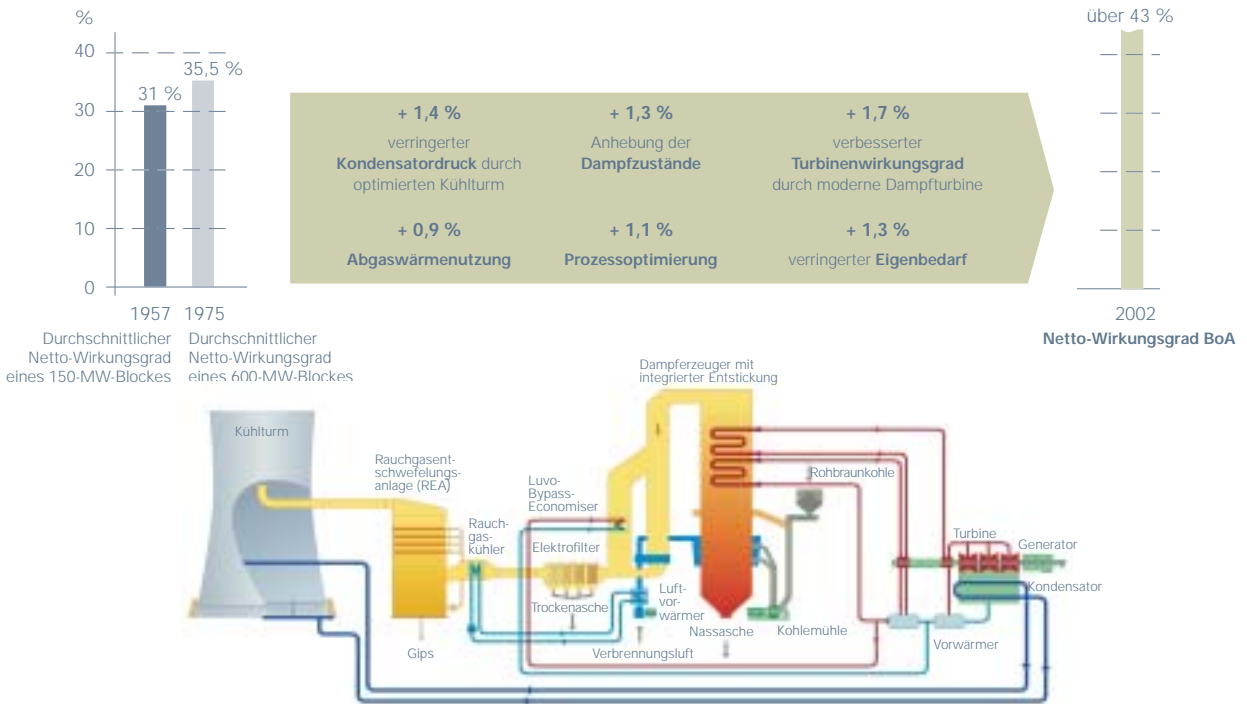


Grafik 5.3: Wirkungsgradentwicklung von Braunkohlenkraftwerken.



Grafik 5.4: Spezifische CO₂-Emissionen von Braunkohlenkraftwerken.



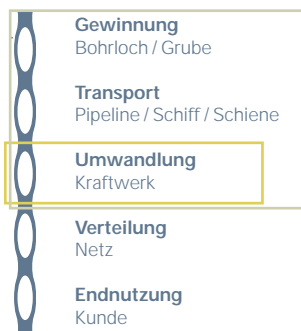


Grafik 5.5: Mittlerer Wirkungsgradgewinn eines 950-MW-BoA-Blockes

Die Effizienzsteigerung durch moderne Kraftwerke findet derzeit ihre Fortsetzung im Rheinland. Im September 2002 stellte RWE Rheinbraun das Braunkohlenkraftwerk mit optimierter Anlagentechnik (BoA-Konzept) am Standort Niederaußem fertig. BoA steht für die Anhebung des Nettowirkungsgrades der Anlagen auf über 43 Prozent-Punkte. Das entspricht einer Steigerung um rund acht Prozent-Punkte gegenüber der vorangehenden Kraftwerksgeneration (Grafik 5.4). Erreicht wird dieser Effizienzsprung durch insgesamt sechs Maßnahmen (Grafik 5.5). Mitte 2002 fiel zudem der Beschluss, auch am Standort Neurath ein neues Braunkohlenkraftwerk zu errichten. Beide Anlagen werden

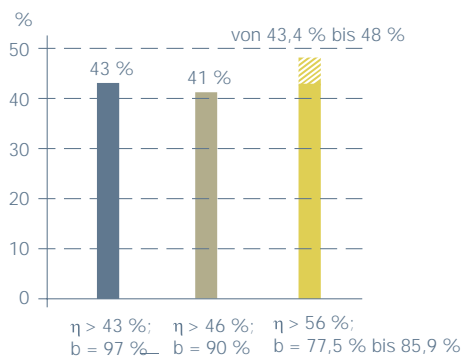
zu CO₂-Einsparungen von jeweils bis zu drei Millionen Tonnen pro Jahr führen. Die künftigen Erfolge im Klimaschutz werden allerdings wesentlich davon abhängen, ob sich die Internationalisierung der Reduktionsstrategien und Betrachtungsweisen durchsetzen wird. Dies betrifft sowohl die im Kyoto-Protokoll genannten flexiblen Maßnahmen, mehr noch aber **ganzheitliche Betrachtungen der Energiebereitstellungsketten**. Braunkohle wird in Deutschland gewinnungsnah verstromt. Die Kraftwerke bilden mit den Bergbaubetrieben eine enge räumliche Einheit. Verluste und Transportaufwand treten praktisch nicht auf. Dieser Beitrag der Braunkohle als wichtigste heimische Energieressour-

ce bleibt in klimapolitischen Bewertungen bisher praktisch unberücksichtigt. Dies gilt insbesondere im Vergleich zu Importenergien, die teilweise über Tausende von Kilometern per Pipeline oder Schiff herantransportiert werden. Um die Klimawirksamkeit der Stromerzeugung aus verschiedenen Primärenergien ausgewogen bewerten zu können, wurde der **Bereitstellungswirkungsgrad** bei der Stromerzeugung definiert (Grafik 5.6). Es zeigt sich, dass sich unter Berücksichtigung der Verluste bei Gewinnung und Transport sowie Einbeziehung des Klimagases Methan, die Klimaauswirkungen der Stromerzeugung aus den verschiedenen fossilen Energieträgern deutlich annähern (Grafik 5.7).



Grafik 5.6: Bilanz der gesamten Prozesskette

- Ausschnittsbetrachtung → Wirkungsgrad η
- Ganzheitliche Betrachtung → Bereitstellungswirkungsgrad $b_B \times \eta$



Grafik 5.7: Unterschiede im Bereitstellungswirkungsgrad verschiedener Energieträger für die Stromerzeugung in Deutschland.

- Braunkohle
- Importsteinkohle
- Erdgas aus weit entfernten Regionen (Nach FFE, München)

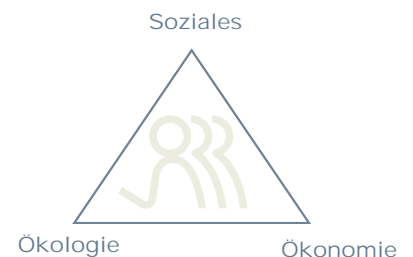
Zukunft der Klimapolitik

Quo vadis Klimapolitik? Die deutsche Braunkohle hat in den zurückliegenden Jahren sowie durch die laufenden Vorhaben eindrücklich unter Beweis gestellt, dass sie das **Vorsorgeprinzip in der Klimapolitik** ernst nimmt und maßgebliche Beiträge zur Reduktion klimarelevanter Gase in der Vergangenheit geleistet hat und auch in Zukunft noch leisten wird. Sie wird den Weg der Effizienzsteigerung zielbewusst und mit großem Aufwand weiter verfolgen.

Es ist notwendig, dass sich die Klimapolitik in das Zieledreieck der nachhaltigen Entwicklung ohne prioritären Anspruch integriert und zugleich überzogene Forderungen auf erreichbare Ziele reduziert werden. Die in Deutschland praktizierte Klimaschutzpolitik hat internationalen Vorzeigecharakter hinsichtlich der quantitativen Erfolge wie

der Instrumente. Die deutsche Braunkohlenindustrie setzt sich auf nationaler wie europäischer Ebene dafür ein, dass der wachstumsneutrale Weg der Klimagasreduktion weiter beschritten werden kann.

Allerdings muss vor nationalen Alleingängen in der Klimapolitik ebenso gewarnt werden, wie vor überzogenen Reduktionszielen. Das Bundeswirtschaftsministerium hat in seinem Energiebericht auf die enormen volkswirtschaftlichen Belastungen von Klimaschutzzielen hingewiesen, die über die Vorgaben des Kyoto-Protokolls hinausgehen. Auch die deutsche Braunkohlenindustrie hält eine nationale Reduktion der Klimagasreduktion in Größenordnungen von 40 oder gar 80 Prozent in mittelfristigen Zeiträumen weder für durchführbar noch im internationalen Kontext für sinnvoll.



Internet:

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC):

DEBRIV – Bundesverband Braunkohle:

Geoforschungszentrum Potsdam:

Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen:

Bundesanstalt für Geowissenschaften:

Alfred-Wegener-Institut:

Historische Klimadatenbank Deutschland:

Klimaerwärmung durch Sonne:

www.ipcc.ch

www.braunkohle.de

www.gfz-potsdam.de

www.gla.nrw.de

www.bgr.de/bt_klima/home.htm

www.awi-bremerhaven.de/Climate/index-d.html

www.uni-wuerzburg.de/geographie/index_f.html?/geographie/hisklid.htm

www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/bstuecke/36195/index.html



Literatur:

Jones, P.D.; New, M.; Parker, D.E.; Martin, S.; Rigor, I.G.:
Surface air temperature and its changes over the past 150 years,
Reviews of Geophysics 37. (1999), S. 173/199.

Christy, J.R., Spencer, R.W., and Braswell:
MSU Tropospheric Temperatures: Dataset Construction
and Radiosonde Comparisons. Journal of Atmospheric
and Oceanic Research, 17, (2000), S. 1.153-1.170.

Solanki, S.K.:
Solar variability and climate change: is there a link?
Astronomy & Geophysics 43, (2002) S. 5.9-5.13.

Glaser, Rüdiger:
Klimageschichte Mitteleuropas – 1.000 Jahre Wetter.
Darmstadt, 2001.

DEBRIV – Bundesverband Braunkohle:
Braunkohle 2001 – Ein Industriezweig stellt sich vor, Köln, 2001.

DEBRIV – Bundesverband Braunkohle:
Informationen und Meinungen, Köln, 1999ff.

RWE-Rheinbraun: BoA Niederaußem, Köln, 2002.

Thejll, P.; Lassen, K.:
Solar forcing of the Northern hemisphere land air
temperature New data, Copenhagen, 1999.

Angell, J.K.:
Global, hemispheric, and zonal temperature deviations derived
from radiosonde records. In: Trends: A Compendium of Data on
Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak
Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge,
TN, USA. 1999.

Jones, P.D., Parker, D.E., Osborn, T.J. and Briffa, K.R.:
Global and hemispheric temperature anomalies -- land and marine
instrument records. In Trends: A Compendium of Data on Global
Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge
National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, TN,
USA. 1999.

Hoyt, D. & Schatten, K.:
The role of the sun in climate, 288pp., Oxford Press, 1997.



Henrik Svensmark vom Dänischen Institut für Weltraumforschung:

Sonnenfleckenuntersuchungen des Dänischen Meteorologischen Instituts:
Aktuelle Forschungsergebnisse der NASA:

Solarwind und Wolkenbildung:
Temperaturdaten von Satelliten und Wetterballonen:

Sunspot Index Data Center, Brüssel

www.dsri.dk/~hsv/

www.dsri.dk/~ndm/CLOUD_UPDATE/UPDATE.html

www.dmi.dk/f+u/publikation/vidrap/1999/Sr99-9.pdf

<http://science.nasa.gov/headlines/y2002/15jan%5Fgreenhouse.htm>

http://science.nasa.gov/headlines/y2000/ast20oct_1.htm

<http://news.bbc.co.uk/2/science/nature/2333133.stm>

www.co2science.org//temperatures/msu.htm

www.co2science.org//temperatures/radiosonde.htm

<http://sidc.oma.be/index.php3>



Klimadiskussion im Spannungsfeld

Das Wesentliche auf den Punkt gebracht

Es gibt **keine Stabilität des Klimas**. Warmzeiten und Kaltzeiten folgen aufeinander. Derzeit befinden wir uns in der warmen Periode einer Kaltzeit. Eine sorgfältige **Aufarbeitung der Klimageschichte** erhöht die Verlässlichkeit von Klimaszenarien der Zukunft.

Unser Klima **wird entscheidend von der Sonne geprägt**. Einfluss auf das Klima haben die Umlaufbahn und die Neigung der Erde. Wichtiger für unser heutiges Klima sind die Schwankungen der Sonnenaktivität. Die Theorie der kosmischen Partikelströme entwickelt sich zu einem wichtigen Erklärungsmuster für die Klimaänderungen auf der Erde.

Die **Rolle des Kohlendioxids** muss im Zusammenhang mit dem gesamten Kohlenstoffkreislauf unseres Planeten gesehen werden. Weder verbleiben die gesamten CO₂-Emissionen in der Atmosphäre noch gibt es eine absolute Parallelität zwischen den atmosphärischen CO₂-Konzentrationen und dem Temperaturverlauf. Andere Faktoren spielen ebenfalls eine Rolle. Hierzu zählen namhafte Wissenschaftler insbesondere Methan und Ruß.

Wasserdampf ist das wichtigste Klimagas, aufgrund seiner Fähigkeit große Mengen Strahlungsenergie in Wärme umzuwandeln, kommt dem Wasserdampf größte Bedeutung beim Klima zu.

Die Computermodelle der **Klimaforschung** sind in den vergangenen Jahren ständig verbessert worden. Sie sind jedoch immer noch zu einfach, um die komplexen Zusammenhänge aller Einflussfaktoren in Modellen vollständig abzubilden. Die Ergebnisse der vorliegenden Modellrechnungen sind daher mit Unsicherheiten behaftet.

Die deutsche Braunkohle hat seit 1990 erheblich zur Senkung der nationalen CO₂-Emissionen beigetragen. Der eingeschlagene **Weg der Effizienzsteigerung** findet breite Anerkennung. Zunehmend setzt sich die von der Braunkohlenindustrie geforderte **ganzheitliche Betrachtung** bei der Nutzung fossiler Energien durch.