

Die Energiepolitik arbeitet sich seit einiger Zeit am Begriff der Energiewende ab. Der Terminus *Wende* deutet darauf hin, dass eine generelle Neuorientierung der Energieversorgung ansteht oder dass eine solche zumindest angestrebt wird. Warum bedarf es einer solchen Neuorientierung?

2.1 Energieverbrauch

Wir haben auf die Bedeutsamkeit der Energieversorgung für moderne Gesellschaften und die Menschen in ihnen hingewiesen. In der Tat ist unser gegenwärtiger Lebensstil abhängig wie noch nie zuvor von der Verfügbarkeit großer Mengen nutzbarer Energie. Die Geschichte der Menschheit über die letzten Jahrhunderte hinweg lässt sich gut beschreiben als die Geschichte einer enormen Zunahme des Energiekonsums.

Der gemittelte energetische Grundumsatz eines Menschen beträgt etwa 80 W. Diese Leistung bringt er auf, um seine Lebensfunktionen aufrechtzuerhalten. Bei ansteigender körperlicher Arbeit nimmt der Energieumsatz entsprechend zu. Über einen Zeitraum von einigen Stunden kann ein Mensch eine Leistung von etwa 250 W erbringen. Viel mehr ist über einen längeren Zeitraum nicht möglich. Spitzensportler können für kurze bis sehr kurze Zeiträume (wenige Sekunden) Leistungen abrufen, die eine knappe Größenordnung darüber liegen. Die für die Körperfunktionen benötigte Energie nimmt der Mensch in chemisch gebundener Form über die Nahrung auf. Die biologisch definierten Grenzen menschlicher Leistungsfähigkeit bestimmen dabei die Grenzen des körpergebundenen Energieumsatzes. Doch der Mensch als geschickter Werkzeugbauer ist nicht auf die Grenzen seiner körperlichen Leistungsfähigkeit angewiesen. Er kann seine Wirkungsmöglichkeiten ausdehnen, indem er Technik nutzt – und dabei zur Erreichung seiner Ziele Energie einsetzt, die nicht durch Nahrungsaufnahme und Muskelkraft limitiert ist. Durch Technikeinsatz kann der Energieumsatz in große Höhen gehoben werden. Den verlängerten Technikarm eingerechnet setzt ein Deutscher heute Energie mit einer durchschnittlichen

Leistung von 5400 W um. Dieser Wert ergibt sich, legt man den Primärenergieverbrauch Deutschlands auf die Bevölkerung um. Der Primärenergieverbrauch ist das beste verfügbare Maß für den Energieumsatz einer Gesellschaft. Das uns heute zur Verfügung stehende Energiesystem stellt uns also das knapp Siebzigfache der Energie zur Verfügung, die wir zum unmittelbaren Überleben bräuchten und etwa das Vierzigfache dessen, was wir durch körperlich schwere Arbeit dauerhaft leisten könnten. Das ist viel im Vergleich zu vielen anderen Ländern, bei weitem aber noch kein Spitzenwert: Ein Einwohner von Katar benötigt noch dreimal mehr.

Die Kulturgeschichte des Menschen ist von einem ganz enormen Anstieg des Energiebedarfs (absolut, aber auch pro Kopf) gekennzeichnet. Der Mensch hat zunehmend seinen Aktionsradius und seine Wirkmöglichkeiten ausgeweitet. Die dazu benötigte Energie überstieg in immer deutlicherer Weise die Leistung, die er durch eigene Muskelkraft aufzubringen vermag. Als Energiegrundlage dienten dann nicht mehr die von ihm aufgenommenen Nahrungsmengen, sondern andere Quellen. Eine schon frühzeitig genutzte Möglichkeit war der Einsatz von Arbeitstieren wie Pferden und Ochsen. Später kamen technische Hilfsmittel dazu. Eisenbahnen, Autos und schließlich Flugzeuge machten den Menschen zunehmend räumlich flexibel und Maschinen halfen ihm, Arbeitsprozesse schneller und bequemer auszuführen. Mit der Entwicklung eines energieintensiven Lebensstils mussten zunehmend neue und ergiebigere Energiequellen angezapft werden. In einer gering technisierten Welt nahm der Mensch noch mit den ihm unmittelbar zugänglichen Energiequellen vorlieb. Er nutzte etwa vorhandenes Holz als Brennstoff, veredelte es möglicherweise noch in einer Köhlerei zu Holzkohle. Doch schon bald begann er, sich auch nach entfernteren und weniger leicht zugänglichen Energiequellen umzusehen. Im Mittelalter wurden auf dem Gebiet des heutigen Deutschland nahezu alle Wälder genutzt. Ungenutzt blieben nur Wälder an steileren Hängen oder in den Jagdrevieren des Adels. Irgendwann musste man bemerken, dass die Holzvorräte nur begrenzt zur Verfügung standen und man mit ihnen haushalten musste. Forstwirte betonen heute noch gern, dass der Begriff der Nachhaltigkeit daher in ihren Reihen zuerst in Verwendung kam.¹

Ähnlich wie dem Energie- und Baurohstoff Holz erging es später fossilen Energierohstoffen. Der besonders hochwertige Energieträger Erdöl wurde seit der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts zu einem der wichtigsten und am vielfältigsten einsetzbaren Energieträger. Er wurde in zunehmenden Mengen gefördert; viele ergiebige und leicht zugängliche Lagerstätten wurden entdeckt und sukzessive genutzt. Einige dieser Lagerstätten sind inzwischen erschöpft und der weiter gestiegene Bedarf wird durch Lagerstätten bedient, die schwerer zugänglich sind und bei denen die Förderung aufwändiger oder auch gefährlicher ist. Ereignisse wie die Ölplattform-Havarie 2010 im Golf von Mexiko rücken die Risiken ins öffentliche Bewusstsein, die eingegangen werden, um Energierohstoffe aus allen erdenklichen Winkeln der Erde herbeizuschaffen. Schließlich hat der Energiehunger gar dazu geführt, mit der Kernenergie-Nutzung geradezu unglaubliche Großrisiken

¹ Hans Carl von Carlowitz hat 1713 in der Schrift *Silvicultura oeconomica* darauf hingewiesen, dass der Rohstoff Holz sorgsam eingesetzt werden muss, um eine dauerhafte Nutzung nicht zu gefährden.

menschlicher Grundenergieumsatz	80
leichte Arbeit	100
körperlich schwere Arbeit über einige Stunden hinweg	250
Primärenergieleistung pro Einwohner Bangladesh	272
durchschnittliche Leistung eines Radprofis bei großen Rundfahrten	300
Spitzen-Radprofi an Berganstieg (halbe Stunde)	450
kurzzeitige (wenige Sekunden) Spitzenleistung von Profi-Radsprintern	2000
Endenergieleistung pro Einwohner Deutschland	3100
Primärenergieleistung pro Einwohner Deutschland	5400
Primärenergieleistung pro Einwohner Katar	23100

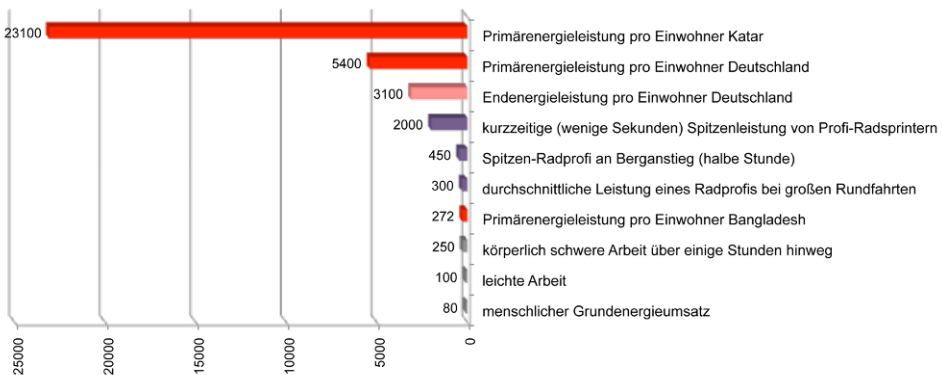


Abb. 1 Primärenergieleistungen pro Kopf in verschiedenen Ländern (rot) im Vergleich zum Energieumsatz eines Menschen (grau) und zu sportlichen Leistungen (violett), in [W] (Grafik: M. Günther)

einzugehen. Der Wunsch nach größeren Wirkungsmöglichkeiten und größeren Aktionsradien ist offensichtlich so mächtig, dass dafür enorme Risiken eingegangen werden.

Der Energiebedarf ist nicht intrinsisch gedeckelt. Es gibt keine sozusagen natürliche Grenze des Energiebedarfs, ab der sich Energie nicht mehr sinnvoll einsetzen ließe. Der Konsum von Nahrungsmitteln etwa hat eine intrinsische Grenze. Ein Mensch kann nur eine bestimmte Menge Nahrungsmittel sinnvoll verbrauchen; ihr Konsum begrenzt den weiteren unmittelbaren Bedarf. Es gibt das Phänomen der *Sättigung*. Beim Energiekonsum gibt es keine oder zumindest keine klare Sättigungsgrenze. Auch mit sehr großen Energiemengen können immer noch Aktivitäten gestaltet werden, die aus subjektiver Bedürfnissicht sinnvoll sein können. Der Handlungsradius wächst ja immer noch ein Stück an, je mehr Energie zum Verbrauch bereitsteht. Energiekonsum hat einen extensiven Charakter. Der tatsächliche Energiekonsum wird durch *äußere* Faktoren begrenzt, insbesondere durch verfügbare finanzielle Mittel. Es liegt in der Natur des intrinsisch nicht begrenzba- ren Energiekonsums, dass hinreichend leicht zugängliche und ergiebig verfügbare Quel- len auch *genutzt* werden. Es gibt keine Bremse, die quasi automatisch angezogen wird,

wenn ein bestimmtes Niveau an Energiekonsum erreicht ist. Wenn in den menschlichen Aktionsbereich Energiequellen fallen, die unter vertretbarem Aufwand genutzt werden können, dann *werden* sie auch genutzt. Handelt es sich dabei um Quellen, die versiegen können, dann bedeutet der extensive Charakter der Energienutzung, dass die Energiewirtschaft krisengefährdet ist. Die Energiewirtschaft hat dann die Tendenz, ihre Grundlage aufzubrechen. Dass wir gegenwärtig über eine Neugestaltung des Energiesystems nachdenken, hat auch viel mit der extensiven Tendenz der Energienutzung zu tun und mit der Tatsache, dass ein sehr großer Teil der am leichtesten und ökonomischsten nutzbaren Energieressourcen endliche Energierohstoffe sind. Der erreichte Lebensstandard hängt von einer hinreichend zuverlässigen Energieversorgung ab. Doch der immer extensiver gewordene Zugriff auf Energieressourcen lässt die Basis der Energieversorgung erodieren und gefährdet die erreichten Standards.

2.2 Allgemeine Anforderungen an das Energiesystem

Die drei Attribute *umweltschonend*, *zuverlässig* und *bezahlbar*, die im Titel des Energiekonzepts der Bundesregierung von 2010 enthalten sind, bezeichnen die allgemeinen Anforderungen an ein heutiges Energiesystem. Unser gegenwärtiges Energiesystem in Deutschland genügt diesen Anforderungen unterschiedlich gut:

Die *Zuverlässigkeit* ist in Deutschland vergleichsweise sehr hoch. So ist die Nichtverfügbarkeit in der Stromversorgung im internationalen Vergleich sehr gering. Sie lag in den letzten Jahren für die Letztverbraucher im Nieder- und Mittelspannungsbereich bei nur etwa 15 Minuten pro Jahr [19]. Das ist international ein Spitzenwert. Redundanzen im elektrischen Versorgungssystem, sowohl im Hinblick auf die Erzeugungskapazitäten als auch im Hinblick auf die Netzgestaltung, sind der Garant dafür, dass die Stromversorgung nur bei sehr außergewöhnlichen Ereignissen unterbrochen wird. Ebenso ist die Versorgung mit Kraftstoffen für den Verkehrssektor und Brennstoffen für die Wärmeversorgung generell lückenlos.

Die allgemein gegebene Versorgungssicherheit bedeutet aber nicht, dass es nicht auch Gefahren gibt. Berücksichtigt werden muss z. B., dass die Importabhängigkeit Deutschlands im Energiesektor sehr hoch ist. Primärenergierohstoffe im Wert von etwa 90 Mrd. Euro werden jährlich eingeführt. Bei einem Endenergie-Verkaufsvolumen von knapp 250 Mrd. Euro bedeutet dies, dass der Anteil der aus dem Ausland eingekauften Wertschöpfung hoch ist. Die importierte Primärenergie nimmt einen der vordersten Plätze unter den Außenhandelsposten ein und ist somit ein sehr wichtiger wirtschaftlicher Faktor. Zum Vergleich: Das Exportvolumen des gegenwärtig wichtigsten deutschen Exportguts, des Autos, belief sich 2012 auf 190 Mrd. Euro. Diese Summe ist zwar höher als das Importvolumen im Energiebereich, aber die Größenordnung ist die gleiche. Die enorme Importabhängigkeit bringt die Gefahr mit sich, dass internationale Spannungen, Konflikte in anderen Ländern oder etwa Exportreduktionen der Bezugsländer – z. B. zur Schonung von Eigenreserven – die Versorgungssicherheit in Deutschland in Mitleidenschaft ziehen könnten.

Bezahlbarkeit ist in der deutschen Energieversorgung insofern gegeben, dass es keine Massenerscheinung ist, dass Menschen ihre Strom- oder Benzinrechnung nicht zahlen können.² Hohe Energierechnungen sind nicht die Ursache für zweifelsohne auch in Deutschland existierende Armut. Ebenso verlagern Industrien nicht im großen Umfang ihre Produktion in andere Länder, um von den dort möglicherweise geringeren Energiepreisen zu profitieren. Entsprechende Drohungen sind zwar regelmäßig zu hören, doch Deutschland ist nicht von einer umfassenden Deindustrialisierung betroffen.³ Ohnehin genießt die im internationalen Wettbewerb stehende energieintensive deutsche Industrie günstigere Energiepreise, indem sie etwa die zusätzlichen Kosten für die erneuerbaren Energien, die EEG-Umlage, nicht zu tragen braucht. Im internationalen Vergleich sind die Energiepreise für industrielle Verbraucher zwar leicht überdurchschnittlich, aber sie liegen im Bereich dessen, was auch in einigen anderen europäischen Ländern gezahlt wird. Alles in allem sprechen die Daten dafür, dass das Niveau der Energiepreise in Relation zur allgemeinen wirtschaftlichen Stärke des Landes nicht zu hoch ist. Und da es in Deutschland keine umfassenden Subventionen für Energiedienstleistungen gibt, bedeutet dies auch, dass die betriebswirtschaftlichen Kosten der Energieversorgung nicht zu hoch sind.

Dieser Umstand bedeutet noch nicht, dass die volkswirtschaftlich auf Dauer zu erbringenden Kosten nicht hoch sind. Wie jede Aktivität kann auch die Energieerzeugung so genannte externe Kosten verursachen. Externe Kosten spiegeln sich nicht in den betriebswirtschaftlichen Kosten und auch nicht in den Energiepreisen wieder. Es handelt sich um Kosten, die verteilt und möglicherweise zeitverzögert von anderen Akteuren als den gegenwärtigen Energieerzeugern oder -verbrauchern getragen werden müssen. Externe Kosten der Energiewirtschaft können z. B. Veränderungen in der natürlichen Umwelt sein, die volkswirtschaftlich relevant sind. Das prominenteste Beispiel dafür sind die schwer abzusehenden Kosten des Klimawandels, der gerade auch durch die Kohlendioxidemissionen des Energiesektors bedingt ist. Das Kostenrisiko außerhalb der betriebswirtschaftlichen Bilanz darf nicht aus dem Blick geraten, wenn man über die Bezahlbarkeit der Energiedienstleistungen spricht.

Auch wenn die Bezahlbarkeit der Energie generell gegeben ist, so sind die Preise doch schwankungsanfällig. Dies liegt insbesondere daran, dass ein Großteil der bereitgestellten Energie von nicht erneuerbaren und somit endlichen Energierohstoffen abhängt. Deren Preise können stark schwanken, wie nicht erst seit den Ölkrisen der 70er Jahre bekannt ist. Die Preise von Energierohstoffen unterliegen einer Reihe von allgemeinen Risiken. Zum Beispiel kann der Preis endlicher Rohstoffe durch deren Knappheit steigen bzw. durch die zunehmende Knappheit kostengünstig abbaubarer Ressourcen. Oder Lieferausfälle in einigen der wichtigen Exportländer führen zu Preissprüngen. Letztere Gefahr wird dadurch verstärkt, dass die Rohstoffe geographisch sehr ungleich verteilt sind und sich in

² Allerdings wurde im Jahr 2013 bei etwas mehr als 300000 Endkunden aufgrund nicht gezahlter Rechnungen die Stromversorgung unterbrochen [37].

³ Das Hauptmotiv für die gegenwärtig starken Auslandsinvestitionen der deutschen Industrie ist die Markterschließung, nicht die Kostensituation [38].

einigen Ländern konzentrieren. Internationale Spannungen oder Krisen in den entsprechenden Ländern können dann große Auswirkungen auf den Weltmarkt der Energierohstoffe haben. So waren es in den 70er Jahren Spannungen im Nahen Osten, die die Ölpreise in die Höhe schnellen ließen und die Ölkrise verursachten.

Die dritte allgemeine Anforderung an das Energiesystem ist die *Umweltverträglichkeit*. Es ist inzwischen im öffentlichen Bewusstsein fest verankert, dass diese Anforderung gegenwärtig kaum erfüllt wird. Da das Energiesystem weitgehend auf kohlenstoffhaltigen fossilen Energieträgern beruht, bei deren Nutzung, d. h. Verbrennung, das klimarelevante Gas Kohlendioxid entsteht, hat die Energienutzung einen großen Anteil an der gegenwärtigen global ablaufenden Klimaveränderung. Offensichtlich gilt dies nicht nur für Deutschland und dessen Energieversorgungssystem, sondern auch für die allermeisten anderen Länder. Auch die Nutzung der Kernkraft erfüllt die Anforderung der Umweltverträglichkeit kaum, denn mit ihr ist die Erzeugung von Material verbunden, das über extrem lange Zeiträume radioaktiv bleibt und dessen sichere Langzeitlagerung prinzipiell problematisch ist.

2.3 **Motive für den Umbau des Energiesystems**

Die genannten allgemeinen Anforderungen an ein Energiesystem werden in Deutschland unterschiedlich gut erfüllt. Keine der Anforderungen wird völlig zufriedenstellend erfüllt.

Mineralöl	Steinkohle	Braunkohle	Erdgas	Kernenergie	Wasser- und Windkraft	andere Erneuerbare	Sonstige
33,9	12,6	11,7	20,6	8,8	1,8	9	1,8

**Primärenergieverbrauch nach Energieträgern
(2011)**

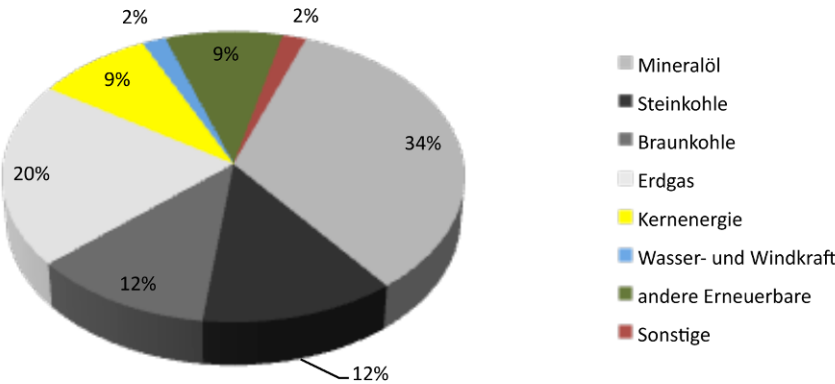


Abb. 2 Primärenergieverbrauch in Deutschland im Jahr 2011 nach Energieträgern (Zahlen: BMWi, Grafik: M.Günther)

Dass dies so ist, hängt vor allem mit der sehr großen Abhängigkeit der Energieversorgung von fossilen Energierohstoffen ab. Abbildung 2 zeigt den Primärenergieverbrauch nach Energieträgern. Die in Grautönen dargestellten Anteile repräsentieren die fossilen Energieträger. Sie summieren sich zu 78 % des gesamten Primärenergieverbrauchs.

Es ist hauptsächlich diese starke Fixierung auf fossile Energieträger, die den Umbau des Energiesystems zur dringenden Aufgabe macht. Die starke Abhängigkeit von fossilen Energieträgern ist in mehreren Hinsichten problematisch: Sie beeinträchtigt die Umweltverträglichkeit des Systems (a); sie führt zu Kostenrisiken (b); und sie schmälert die Zuverlässigkeit des Systems dadurch, dass sie starke Importabhängigkeiten bedingt (c).

- a) Fossile Energierohstoffe bestehen aus organischem Material, das das Element Kohlenstoff in mehr oder weniger großen Mengen enthält. Die energetische Nutzung der fossilen Energieträger bedeutet deren Oxidation, wobei mehr oder weniger Kohlendioxid (CO_2) entsteht.

CO_2 -Emissionen bei der Verbrennung fossiler Energieträger

Kasten 1

Bei der Verbrennung fossiler Energieträger entstehen je nach Kohlenstoffgehalt verschiedene Mengen von Kohlendioxid. Die folgende Übersicht zeigt, wie viel Kohlendioxid pro kWh erzeugter Verbrennungswärme bei der Nutzung der wichtigsten fossilen Energieträger emittiert wird.

Erdgas	0,20 kg CO_2 /kWh
Heizöl (leicht)	0,27 kg CO_2 /kWh
Heizöl (schwer)	0,28 kg CO_2 /kWh
Steinkohle	0,34 kg CO_2 /kWh
Braunkohle	0,37 kg CO_2 /kWh

Unter den nichtnatürlichen, durch kulturelle Aktivitäten bedingten Emittenten von Kohlendioxid ist die Energieversorgung der mit großem Abstand wichtigste. Kohlendioxid ist ein klimarelevantes Gas; sein Vorhandensein in der Atmosphäre trägt zum Treibhauseffekt bei. Der atmosphärische Treibhauseffekt besteht darin, dass längerwellige Strahlung, die von der Erde und den unteren Atmosphärenschichten emittiert wird, die Atmosphäre nicht vollständig nach außen durchdringen kann, sondern durch Absorption in der Atmosphäre gehalten wird. Einige Gase, die in der Atmosphäre enthalten sind, absorbieren Strahlung im infraroten Bereich, also im Bereich der Wärmestrahlung. Dazu gehört z. B. Wasserdampf, aber eben auch Kohlendioxid. Je mehr der absorbierenden Gase in der Atmosphäre enthalten sind, desto stärker wird die Infrarotstrahlung im Erdsystem gehalten, wodurch sich dessen Temperatur erhöht. Das Gleichgewicht zwischen auf die Erde auftreffender Solarstrahlung und von der Erde in den freien Raum ausgehender Strahlung pendelt sich neu ein, indem das Erdsystem auf ein leicht höheres Temperaturniveau gehoben wird. Es gibt verschiedene Treibhausgase, die bei verschiedenen Kulturaktivitäten des Menschen entstehen und in die

Atmosphäre entlassen werden. Dazu gehört neben Kohlendioxid z. B. auch Methan (CH_4) und Lachgas (N_2O). Kohlendioxid besitzt gar kein so hohes Treibhauspotenzial im Vergleich zu einigen anderen Gasen, die der Mensch in die Atmosphäre entlässt. Doch die große Menge Kohlendioxid, die kontinuierlich erzeugt wird, macht es zum wichtigsten vom Menschen beeinflussbaren klimarelevanten Gas, das entsprechend im Zentrum von Klimaschutzüberlegungen steht.⁴

Treibhauspotenzial und Treibhauswirkung		Kasten 2
Das Treibhauspotenzial eines Gases gibt die Erwärmungswirkung an, die eine bestimmte Menge (Stoffmenge oder Masse) des Gases entfaltet, wenn es in die Atmosphäre entlassen wird. Dabei spielt neben der Absorptionsleistung des Gases auch seine Verweildauer in der Atmosphäre eine Rolle. Das Potenzial wird generell in Relation zu dem von Kohlendioxid angegeben.		
Treibhauspotenzial wichtiger vom Menschen in die Atmosphäre entlassener Gase (bezogen auf einen Zeitraum von 100 Jahren und in Bezug auf die Masse, Werte aus [30]):		
Kohlendioxid (CO_2)		1
Methan (CH_4)		28
Distickstoffoxid (N_2O)		265
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)		13900
Fluorkohlenwasserstoffe (FKW)		12400
Schwefelhexafluorid (SF_6)		23500
Die tatsächliche Treibhauswirkung eines Gases in der Atmosphäre hängt von seinem Treibhauspotenzial und von der Menge ab, die in die Atmosphäre eingebracht wurde. Die Wirkung kann zunächst als so genannter Strahlungsantrieb bestimmt werden. Als Strahlungsantrieb wird eine Veränderung im Strahlungshaushalt in der untersten Schicht der Atmosphäre und an der Erdoberfläche und folglich der absorbierten Energie bezeichnet. Positive Werte bedeuten eine Erhöhung des Strahlungseintrags (Solarstrahlung plus atmosphärische Wärmestrahlung).		
Strahlungsantrieb von durch den Menschen in die Atmosphäre eingebrachten klimarelevanten Gasen:		
Kohlendioxid (CO_2)		1,33 bis 2,03 W/m^2
Methan (CH_4)		0,74 bis 1,20 W/m^2
Distickstoffoxid (N_2O)		0,13 bis 0,21 W/m^2
FCKW und FKW		0,01 bis 0,35 W/m^2
Gesamter anthropogener Strahlungsantrieb (im Vgl. zu 1750)		1,13 bis 3,33 W/m^2

⁴ Das wichtigste Treibhausgas in der Atmosphäre ist Wasserdampf. Doch den Gehalt von Wasserdampf kann der Mensch praktisch nicht beeinflussen. Daher kann Wasserdampf in klimapolitischen Überlegungen keine Rolle spielen.

In vielen Gegenden der Erde zeigen die durch menschliche Aktivitäten bedingten Klimaveränderungen inzwischen schon einen spürbaren Einfluss auf die Lebensbedingungen. Man denke an das Abschmelzen von Gletschern in vielen Weltgegenden, an die zunehmende Trockenheit im Mittelmeerraum [41] oder die zunehmenden Starkregenereignisse in Europa [39, 30, Abschnitt 2.6.2.1]. Um die Folgen der Erderwärmung in einem für die Aufrechterhaltung der Lebensbedingungen noch beherrschbaren Rahmen zu halten, wurde in den letzten Jahren häufig eine Erwärmungsgrenze von 2 Kelvin in Bezug auf vorindustrielle Zeiten genannt. Die Anpassungsfähigkeit von Ökosystemen und von Gesellschaften sei bei einer Erwärmung, die über diese Grenze hinausgeht, überfordert. Die Folge seien Umweltrisiken mit möglicherweise erheblichen sozialen, wirtschaftlichen und sicherheitspolitischen Auswirkungen. Eine politische Aufgabe sei es daher, Bedingungen zu schaffen, die es ermöglichen, dass das Klimageschehen innerhalb der 2 Kelvin-Leitplanke verbleibt.⁵

Die 2 Kelvin-Leitplanke

Kasten 3

Politisch relevant wurde die 2 Kelvin-Leitplanke vor allem durch ein Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen aus dem Jahr 1995 [32]. Anhaltspunkt für die Verortung der Leitplanke waren die globalen Klimabedingungen in der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Die menschliche Zivilisation hat sich bei einer globalen Durchschnittstemperatur zwischen 10,4 °C während der letzten Eiszeit und 16,1 °C während der letzten Warmzeit entwickelt. Für die zukünftige Entwicklung der Zivilisation wurde das anzustrebende Temperaturfenster in beide Richtungen um 0,5 K erweitert, also von 9,9 °C bis 16,6 °C, womit den gewachsenen technischen Fähigkeiten und den damit verbesserten Anpassungsmöglichkeiten Rechnung getragen wird. Vor der Industrialisierung lag die globale Durchschnittstemperatur bei etwa 14,6 °C. Somit ergibt sich eine Differenz von 2 K bis zur Grenze von 16,6 °C. (Vgl. auch [31].)

Berechnungen haben weiterhin ergeben, dass bis zur Mitte des 21. Jh. nur noch etwa 750 Mrd. t Kohlendioxid emittiert werden dürften, um die 2 Kelvin-Leitplanke mit einer guten Wahrscheinlichkeit einzuhalten.⁶ Nach der Jahrhundertmitte dürften nur noch sehr geringe Mengen ausgestoßen werden [20]. In den letzten Jahren bewegte sich der jährliche Ausstoß von CO₂ im Bereich von etwa 30 Mrd. t (Abbildung 3). Auch wenn der Ausstoß nur in diesem Bereich bliebe und nicht weiter anstiege, würden von 2012 bis 2050 mit mehr als 1100 Mrd. t weit mehr als die genannten 750 Mrd. t emittiert.

⁵ Normalerweise wird von der 2 °C-Leitplanke gesprochen. Da jedoch eine Temperaturdifferenz gemeint ist, hat sich der Verfasser entschieden – wie in der Physik in diesem Falle üblich – die Einheit Kelvin benutzt.

⁶ Es wird dabei mit einer Wahrscheinlichkeit von 2/3 gerechnet.

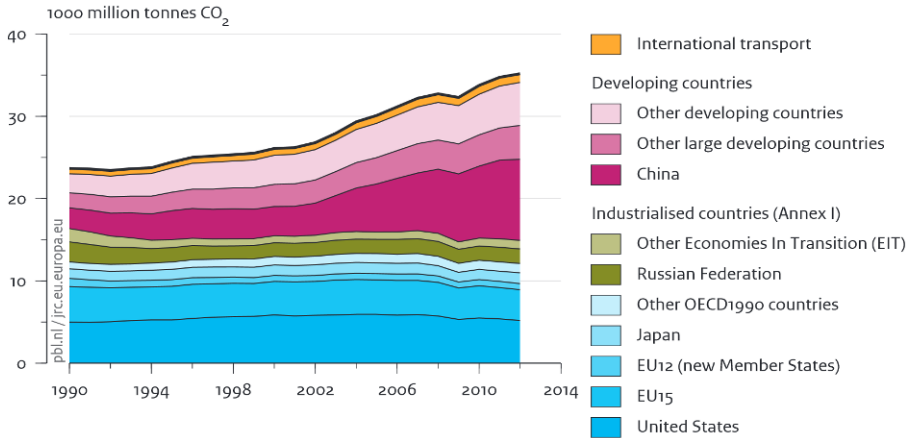


Abb. 3 CO₂-Emissionen nach Ländern (Grafik: Mit freundlicher Genehmigung von © PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Report 2013 „Trends in Global CO₂-Emissions“ [21]. All Rights Reserved.)

Um die 2 K-Leitplanke nicht zu überschreiten, müsste das immer noch anhaltende Wachstum des CO₂-Ausstoßes möglichst schnell abgebremst und in einen Rückgang gewendet werden. Je länger es nicht gelingt, den Ausstoß zu reduzieren, umso stärker müsste anschließend die Reduktion erfolgen, um die genannte Restmenge an emittiertem CO₂ nicht zu überschreiten und somit die 2 K-Leitplanke mit einer guten Wahrscheinlichkeit einzuhalten.

Bislang ist die globale Durchschnittstemperatur um etwa 0,8 K angestiegen. Ein sofortiger Stopp weiterer vom Menschen verursachter Emissionen in die Atmosphäre würde aufgrund der Trägheit des Erdsystems noch zu einem Anstieg um weitere 0,5 K führen. Nach den Entwicklungen der letzten Jahre werden zunehmend Zweifel geäußert, ob die 2 K-Leitplanke überhaupt noch eine sinnvolle politische Vorgabe ist. Denn nötig wäre eine sehr grundlegende Umgestaltung der Wirtschaft, insbesondere der Energiewirtschaft. Vor allem müsste der Wachstumspfad, den die Emissionsmengen immer noch beschreiten, schnell verlassen werden, was aber zumindest für die nächsten Jahre nicht absehbar ist. Auch die Rückführung der Emissionen auf sehr geringe Werte wird einen sehr langen Zeitraum in Anspruch nehmen. Ein möglichst rascher Umbau des Energiesystems ist der größte Hebel, der eingesetzt werden kann, um Emissionen zu reduzieren. Für den Klimaschutz ist es daher eine vorrangige Aufgabe, die starke Abhängigkeit des Energiesektors von fossilen Energierohstoffen zu reduzieren.

- b) Die extensive Verwendung fossiler Energierohstoffe hat dazu geführt, dass viele leichter zugängliche Lagerstätten, aus denen Energierohstoffe kostengünstig zur Verfügung gestellt werden konnten, immer weniger ergiebig und zunehmend erschöpft sind. Die anhaltend hohe Nachfrage muss immer mehr auch aus Lagerstätten gedeckt werden, bei denen der Abbau mit höheren Kosten und möglicherweise auch höheren Risiken

Energieeffizienz durch Erneuerbare Energien

Möglichkeiten, Potenziale, Systeme

Günther, M.

2015, XII, 181 S. 53 Abb., 9 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-06752-6