



FRITZ DIETER ERBSLÖH

Der Weg zur Energiewende

expert ›

Fritz Dieter Erbslöh

Der Weg zur Energiewende

Аннотация

Die Ziele der Energiewende lassen sich nach gegenwärtigem Verständnis für Deutschland klar und einfach so benennen: Sie soll den Rückzug aus der Kernenergie bewirken und kompensieren, fossile Brennstoffe durch die erneuerbaren Energien ersetzen und den Ausstoß an klimaschädlichen Gasen, insbesondere des CO₂, reduzieren oder neutralisieren.

Was so einfach klingt, stößt in der harten Wirklichkeit auf große Probleme. Wirtschaftliche Folgen, technische Schwierigkeiten und politischer Streit sind schon heute zu beobachten und werden beim Fortschritt des Programms noch zunehmen. Soziale Verwerfungen durch eine zunehmend gereizte Öffentlichkeit sind nicht ausgeschlossen.

Das darf nicht verwundern – die Energiewende ist ein Großprojekt, das die gesamte Gesellschaft erfasst und in Umfang und Folgen in der deutschen Geschichte einmalig dasteht.

Wie dieses Projekt entstand, was bis zur Gegenwart mit welchen Mitteln erreicht wurde und wie es schließlich ausgehen könnte, ist Gegenstand dieses Buches.

Содержание

Vorwort	7
Zum Thema	13
1 Einführung: Der Begriff	16
2 Die Anfänge: Ressourcen	22
3 Club of Rome: Grenzen des Wachstums?	54
4 Wahrnehmung und Beginn einer Klimapolitik	59
4.2 Weltklimarat	68
5 Klimadiskussion: Treibhausgase	74
5.1 Klimakonvention und Kyoto-Protokoll	108
5.2 Pariser Abkommen 2015 (COP 21)	116
6 Handlungsoptionen	135
6.1 Wege in die Zukunft	140
6.2 Sensitive Regionen und Sektoren	145
6.3 Instrumente	155
7 Aktionsfelder	158
7.1.1 Historische Hintergründe	160
7.1.2 Energiemanagement	173
7.1.3 Energiemanagement nach ISO	180
7.2 Zertifikatehandel	187
7.2.1 Funktionsweise	188
7.2.2 Der internationale Emissionshandel (nach Kyoto-Protokoll)	192
7.2.3 Der Emissionshandel in der EU (EU-ETS)	198

7.2.4 Das nationale Emissionshandelssystem (nEHS)

204

Конец ознакомительного фрагмента.

209

Fritz Dieter Erbslöh

Der Weg zur Energiewende

... mit besonderem Fokus auf Deutschland



Umschlagabbildungen (Copyrights von links nach rechts):

© iStock.com/fotojog, © ENERTRAG, © iStock.com/
instamatics, © iStock.com/zhongguo

© 2021 • expert Verlag

Dischingerweg 5 • D-72070 Tübingen

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Alle Informationen in diesem Buch wurden mit großer Sorgfalt erstellt. Fehler können dennoch nicht völlig ausgeschlossen werden. Weder Verlag noch Autoren übernehmen deshalb eine Gewährleistung für die Korrektheit

des Inhaltes und haften nicht für fehlerhafte Angaben und deren Folgen.

Internet: www.expertverlag.de eMail: info@verlag.expert

ISBN 978-3-8169-3508-7 (Print)

ISBN 978-3-8169-0038-2 (ePub)

Vorwort

Im physikalisch-chemischen Praktikum wurde uns, die wir Chemie studierten, deutlich vor Augen geführt: Kohlendioxid (CO_2) ist ein besonderes Molekül. Die Absorptionseigenschaft für infrarotes Licht ist derart ausgeprägt, dass sie für die üblicherweise robusten Messaufbauten eines Praktikums leicht detektierbar war. Wir erinnern uns an die Tour de Force durch die mathematische Behandlung der verschiedensten Rotationsschwingungsspektren und weiterer prüfungsrelevanter Tiefgänge eines klassischen naturwissenschaftlichen Studiums. Aber damals war uns – auch dank der uns so deutlich vor Augen geführten spektralen Eigenschaften – schon eines klar: bereits geringe Mengen dieses infrarotaktiven Spurengases (und auch anderer) reichen aus, um den Wärmehaushalt des Planeten zu bestimmen.

Wenige Jahre später, als Doktorand, der sich mit Kohlenhydraten und dem Einsatz von Enzymen in der Synthese von physiologisch wirksamen Glycosiden beschäftigte, kam ich in meinem Arbeitsgebiet wieder mit dem CO_2 in Berührung. Nur, eben jetzt als Photosyntheseprodukt mit der Summenformel $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Und spätestens von hier an war es sonnenklar, dass die unbegrenzte Umwandlung von in der Erde gelagerten Kohlenstoffvorräten in Verbrennungsvorgängen die

feine Balance zwischen Freisetzung und Bindung des CO₂ in empfindlicher Weise stören würde.

Jetzt, gute dreißig Jahre später, ist die Problematik der steigenden CO₂-Konzentrationen durch die anthropogene Zuführung dieses Gases in die Atmosphäre als Konsequenz der Verbrennung fossiler Kohlenstoffquellen längst im Alltag angekommen und wird breit akzeptiert, sieht man einmal von realitätsisolierten Meinungsblasen in Internetforen ab.

Umso wichtiger wird es, die Diskussion um die sich daraus ergebenden Möglichkeiten der Schadensbegrenzung – denn um nichts anderes mehr kann es sich zu diesem sehr späten Zeitpunkt im globalen Klimageschehen handeln – auf eine breite, allgemein verständliche Basis zu stellen. Nur eine informierte Bürgerschaft ist in der Lage, die politischen Ansätze zur Begrenzung der Kohlendioxidkonzentrationen miteinander zu vergleichen und abzuwägen.

Deutschland hat sich unter den letzten Regierungskoalitionen zur „Energiewende“ bekannt, die unter ihrer deutschen Bezeichnung in der New York Times bereits ein fester Begriff geworden ist, der einer internationalen Leserschaft nur noch sporadisch mit einem Zusatz wie „Angela Merkel’s Green Energy Plan“ erläutert werden muss.

Der nationale Plan der Verdrängung fossiler (und atomarer) Energieerzeugung zu Gunsten der aus Sonne, Wind und recyclingfähigen Energieträgern folgt dem Gedanken des kalifornischen „Clean Air Act“ und des deutschen

Immissionsschutzgesetzes. Letzteres hat in den 1970er Jahren den Eingriff in die Grundrechte der Gewerbefreiheit von Unternehmern damit begründet, dass dadurch der Eintrag von Schadstoffen in den eigenen Grund und Boden verringert oder abgewendet werden sollte. Damit stellte dieser Ansatz eine klassische Rechtsgüterabwägung dar und hat die Freiheit des Einen dort eingeschränkt, wo die Unversehrtheit des Eigentums eines Anderen bedroht wird. Letztlich hat der Gesetzgeber die Gefahrenabwehr und Daseinsvorsorge damit priorisiert. Im Ansatz folgt man mit der Verdrängung fossiler Brennstoffe der gleichen Richtung.

Allerdings läuft die Debatte Gefahr, den eigentlichen Gedanken aus dem Auge zu verlieren: Es geht um die Reduktion der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre. Natürlich gibt es zahlreiche Vorschläge, der globalen Erwärmung auf andere Weise die Stirn zu bieten, wie etwa diese hinzunehmen und durch Anpassung der Umwelt zu begegnen, angefangen beim Deichbau bis hin zum Bioengineering, um Pflanzen hitzebeständiger zu machen. Oder die Senkung der Strahlungsaufnahme der Erde durch „Geoengineering“. Diese Anpassungsstrategien sind nicht Gegenstand des vorliegenden Buches und nach Ansicht dieses Autors darf bei den „Engineering“-Ansätzen durchaus bezweifelt werden, ob der Mensch es wirklich beherrscht, komplexe Systeme durch gezielte, technologiebegeisterte, ja geradezu ingenieurbesessene Eingriffe in die gewünschte Richtung zu drängen, ohne dabei

gleich die nächsten Nebenwirkungen auf den Plan zu rufen. Das war nämlich in der Menschheitsgeschichte bislang immer wieder der Fall und zu selten von nachhaltigem Erfolg gekrönt. Versteppung, Monokulturen, Plagen, Flächenkontamination, Flutkatastrophen, Artensterben waren zumeist die Ergebnisse solcher Experimente. Bei kritischer Betrachtung war dann auch die Beseitigung unerwünschter Nebenwirkungen häufig teurer als die ursprüngliche Maßnahme.

Wenn es also um das Ziel Reduktion der CO_2 -Konzentration geht, dann bedarf es einer ganzheitlichen Denkweise, dann muss neben der Wärmedämmung von Gebäuden auch der Energieaufwand zur Herstellung und Anbringung der Isolationsmaterialien betrachtet werden, dann kann auch ein bei einem Geschwindigkeitslimit von 100 km/h gefahrenes Auto mit modernem Verbrenner eine durchaus niedrigere CO_2 -Bilanz aufweisen als ein batterieelektrischer SUV mit einem Leergewicht von 2 t bei freier Fahrt. Die Liste ließe sich durchaus beliebig erweitern.

Fest steht auf jeden Fall, dass alle Kreislaufeffekte bei jeder staatlichen Lenkung immer mitgedacht werden müssen. Statt also eine bestimmte Technologie zu fördern, statt eine andere zu bepreisen, sollte der Hebel nicht am Detail, sondern am Ergebnis, am Ziel ansetzen: Die Freisetzung von CO_2 zu verteuern.

Dabei liegt eine Frage natürlich auf der Hand: Warum sollte sich eine technologiebasierte Volkswirtschaft wie die

der Bundesrepublik, mit ihrem nicht mehr als zweiprozentigen Beitrag am globalen Kohlendioxidgeschehen überhaupt dazu Gedanken machen? Schließlich ist es eine Binsenfrage, dass Gase keine Grenzen kennen und die Emissionen anderer Emittenten – der Menge nach geordnet China, USA, Indien, Russland, Japan und Iran, bevor Deutschland in der Statistik an der Reihe ist – wesentlich deutlicher unsere Unversehrtheit aufs Spiel setzen.

Jenen, die daraus ableiten, besser nichts zu tun, muss man vorhalten, dass gerade in der Entwicklung von Strategien, Verfahren und Technologien enorme Marktpotentiale schlummern, die gerade Deutschland als Hochtechnologie- und Hochlohnland heben kann – nein – heben muss. Um diese Technologien dann dort anzuwenden, wo sie am effizientesten ihre Wirkung entfalten können, also dort, wo gerade jetzt viel CO₂ freigesetzt wird. So ließe sich die Entwicklung von geeigneten Technologien in einen wirtschaftlichen Nutzen umsetzen und bei globaler Bepreisung von CO₂-Emission ein Anreiz schaffen, der der natürlichen Umwelt und dem Erhalt der Klima- wie Ökosysteme zu dienen.

Um die Grundsteine für eine eher allumfassende Betrachtung der Problematik zu legen, ist ein solides Verständnis der sehr komplexen Zusammenhänge von Energiegewinnung, Energietransport, Energiespeicherung, Energieumwandlung und der Regulierung der Distribution notwendig. Dazu versucht das vorliegende Buch Beiträge zu leisten, indem es Zusammenhänge darstellt, statt sich in Technikecken zu vergraben, indem es

den Leser den Gesamtzusammenhang zu erfassen anleitet. Damit stellt es eine sinnvolle wie natürliche Ergänzung zum früher vorgelegten Band über „Energietransport und Energiespeicherung“ dar.

Wohltuend ist zudem, dass es zum Selbstdenken animiert, indem es keine Rezepte verordnet, indem es die Intention hinter den verschiedenen staatlichen Eingriffen erläutert und dabei durchaus dazu anregt, die Perspektive zu ändern und effiziente, technologieoffene Lösungen für ein mittlerweile unbestrittenes Problem aufzusuchen.

Viel Zeit bleibt nicht mehr – aus heutiger Sicht sind es bereits 2,5 °C durchschnittlicher Temperaturerhöhung, die noch erreichbar scheinen. Aber nur, wenn dieser Gefahr mit den geeigneten Mitteln beherzt und vor allem global begegnet wird.

Bereits Seneca hat uns gelehrt: „Es ist nicht wenig Zeit, die wir haben, sondern es ist viel Zeit, die wir nicht nutzen.“

Essen, im Februar 2021 Prof. Dr. Werner Klaffke
Haus der Technik e. V.

Zum Thema

Die Ziele der sogenannten Energiewende lassen sich nach gegenwärtigem Verständnis klar und einfach, wenn auch etwas verkürzt, so benennen: Sie soll den Rückzug aus der Kernenergie bewirken und kompensieren, fossile Brennstoffe durch die erneuerbaren Energien ersetzen und den Ausstoß an klimaschädlichen Gasen, insbesondere des CO₂, reduzieren bzw. neutralisieren und schließlich das Schadstofflevel bis zum Ende des Jahrhunderts dauerhaft absenken.

Was so einfach klingt, stößt in der harten Wirklichkeit auf große Probleme. Wirtschaftliche Folgen, technische Schwierigkeiten, politischer Streit sind schon heute zu beobachten und werden beim Fortschritt des Programms noch zunehmen. Soziale Verwerfungen durch eine zunehmend allergisch reagierende Öffentlichkeit sind nicht ausgeschlossen.

Das darf nicht verwundern – die Energiewende ist ein Großprojekt, das die gesamte Gesellschaft erfasst und in Umfang und Folgen in der deutschen Geschichte einmalig dasteht.

Wie dieses Projekt entstand, was bis zur Gegenwart mit welchen Mitteln erreicht wurde und wie es schließlich ausgehen könnte, ist Gegenstand dieses Buches. Dabei wird sich einerseits ergeben, dass die Energiewende eine durchaus längere Vorgeschichte hat. Es wird ferner deutlich werden, dass die Energiewende in der beschriebenen Form ein spezifisch

deutsches Projekt ist. Und es wird sich auch zeigen, dass angesichts der Größe und Vielgestaltigkeit ein Erfolg am Ende zwar wünschenswert, aber nicht sicher ist.

Deutschland ist nicht allein auf der Welt, und CO₂ und andere Schadstoffe machen nicht an Grenzen halt. Deshalb sind insbesondere die Entwicklungen in den Nachbarländern, speziell den Ländern der Europäischen Union mit einbezogen, zumal inzwischen die EU in etlichen Feldern die Maßnahmen in den Mitgliedsländern vorgibt. Die weiter ausgreifende weltweite Perspektive auf Forschungsstand, internationale Vereinbarungen und Daten macht schließlich deutlich, dass die deutsche Energiewende nur ein Beitrag zur Lösung eines größeren Problems sein kann, der jedoch durch die beispielgebende Entwicklung der technischen Möglichkeiten einen besonderen Stellenwert einnimmt oder diesen zumindest beansprucht.

Was die Technik angeht, so wird in diesem Buch eine Vielzahl von praktizierten und zukünftigen alternativen Lösungen behandelt, die sich teils ergänzen, teils auch miteinander konkurrieren. Wie das Schlusskapitel aufzeigt, besteht der Weg in die Zukunft möglicherweise darin, diese Vielfalt von Pfaden bewusst beizubehalten und damit zuzugeben, dass es die eine große, alles abdeckende und allen willkommene Lösung nicht gibt.

Die Umsetzung der Energiewende ist ein Prozess, der sich rasch entwickelt. Auch der Ausbruch von Covid-19 hat ihn kaum verlangsamen können. Die vorgelegte Veröffentlichung gibt den

Stand von Oktober 2020 wieder, mit einigen bis Dezember 2020 reichenden Aktualisierungen.

1 Einführung: Der Begriff

Die sogenannte Energiewende ist ein Begriff, der in Deutschland geboren wurde. Seine Inhalte sind älter und gehen auf den US-amerikanischen Autor A. LOVINS zurück, der 1976 den Ausdruck »*Soft Energy Path*« benutzte, unter dem er seine Vorstellung eines zukünftigen Energiesystems schlagwortartig in die Öffentlichkeit trug. Sein Hauptanliegen war es, das klassische Energieversorgungssystem durch Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen zu ersetzen und mit forcierter Energieeffizienz eine weitere Energieressource zu installieren. Der Begriff findet sich in einem Artikel für die Z. Foreign Affairs, veröffentlicht unter dem Titel „Energy Strategy: The Road Not Taken?“.

LOVINS stellte hier zwei Entwicklungspfade einander gegenüber: den harten und den weichen Pfad, s. nachstehende Abbildung.

) BTU Per Year*

250

200

150

An Illust

1-1:

„Soft“ and „Hard“ Energy Paths; Quelle: A. Lovins, Energy Strategy: The Road Not Taken, 1976

Ein Jahr später präziserte LOVINS sein Programm ausführlicher mit der Buchveröffentlichung „Soft Energy Paths: Towards a Durable Peace”.¹ Es erschien 1978 auch in Deutschland.

With adm.



1-2:

Lovins bei Präsident Carter, Okt. 1977. Carter galt als Freund regenerativer Energiequellen; Quelle: Rocky Mountain Institute (RMI)

LOVINS' Ideen fanden große Publizität, bis zum Interview mit Präsident CARTER im Weißen Haus, s. Abb. 1-2. In Deutschland übernahmen der Frankfurter F. KRAUSE und seine beiden Co-Autoren H. BOSSEL und K.-F. MÜLLER die Überlegungen LOVINS' und wandten sie auf Deutschland an. Ihr Alternativ-Bericht „Energie-Wende. Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran“ erschien 1980 im Selbstverlag der Autoren² und wurde kurz darauf als Bericht des neu entstandenen Freiburger Öko-Instituts bei S. Fischer verlegt.³ Die These der Autoren war, „dass eine grundsätzliche und radikale Wende in der Energiepolitik der Bundesrepublik (und der Industriestaaten im Allgemeinen) unabdingbar geworden ist.“⁴ Diese Publikation gilt als Ursprung des heute geläufigen Begriffs.

Das Verständnis der Energiewende als Übergang zu nachhaltiger Energiepolitik findet sich 2002 erstmals in Deutschland in der vom deutschen Bundesumweltministerium in Berlin ausgerichteten Fachtagung „Energiewende – Atomausstieg und Klimaschutz“.⁵ Das Bundesumweltministerium veranstaltete diese Tagung gemeinsam mit der Forschungsstelle für Umweltpolitik (FFU) der Freien Universität Berlin am 15. und 16. Februar 2002

im Deutschen Architektur Zentrum, Berlin. In den Folgejahren wurde dann „Energiewende“ zunehmend zum Leitbegriff und Schlagwort der energiewirtschaftlichen Diskussion in Deutschland und auch der offiziellen deutschen Politik.

Erst viel später, wohl zuerst 2011 im Bostoner Christian Science Monitor, findet sich der Begriff auch im englischen Sprachraum, als dieser über die Beschlüsse der deutschen Bundesregierung nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima berichtete und Kanzlerin MERKEL zitierte. Hier und danach finden sich Übersetzungen wie „energy transition“ (Energieübergang) oder „energy switchover“ (Energiewechsel), zunehmend aber auch das deutsche Wort Energiewende.⁶

Energiewende ist also ein Wortbegriff der jüngsten Vergangenheit. Seine komplexen Inhalte sind jedoch älteren Ursprungs, zumindest in Teilen, und haben ihre eigene Geschichte.

Das wird in den folgenden Kapiteln deutlicher werden.

2 Die Anfänge: Ressourcen

Energie wurde schon im Altertum zu einem wichtigen Gewerbe- und Handelsgut, im Wesentlichen in der Form von Holz. Es lohnt, die Geschichte dieser Ressource zu verfolgen – es ist dies ein erstes Beispiel für intensivste Nutzung, hieraus entstehende Probleme, deren Bewusstwerden und schließlich auch für ihre zumindest partielle Lösung.¹

Die griechische und römische Antike verwendete umfangreich Holz als Brennstoff für den häuslichen Bereich, also zum Kochen und Heizen in relativ einfachen Öfen, aber auch in den anspruchsvolleren Hypokaustenanlagen. Die meist für das Kochen verwendete Form war die der Holzkohle (anthrax im Griechischen, carbo bei den Römern), weil sie langsamer brannte, weniger Rauch entwickelte und leichter über Fächer oder Blasebälge zu regeln war.² Holzkohle wurde in der Antike auch gebraucht für Metallschmelzöfen, da sich mit ihr hohe Temperaturen (nach LANDELS bis 1500 °C) erreichen ließen. Da sich nur bestimmte Hölzer (Steineiche, Buche) für die Köhlerei eigneten und deren Meiler von den Verwendungsstätten wegwanderten, dürfte die Transportfrage aufgekommen sein und Holzkohle zu einem durchaus teuren Brennstoff gemacht haben.

Ganz wesentlich war schon früh der Einsatz von Holz für die Salzgewinnung. Zwar war im sonnenreichen antiken Mittelmeerraum die Gewinnung von Salz aus dem Meer

naheliegend. Nördlich entwickelte sich jedoch der Trockenabbau von Steinsalz und damit die auf Brennholz angewiesenen Salzsiederei. Eines der ältesten Salzbergwerke befindet sich in Wieliczka in Polen, eine Salzsiederei gab es dort seit 3500 v. Chr., unterirdischen Abbau seit dem 13. Jahrhundert. Aus der Bronzezeit gibt es Hinweise auf Salzabbau in Hallstatt im Salzkammergut. Der konkurrierende Nassabbau geht auf die Jungsteinzeit und die Bronzezeit zurück, als im heutigen Sachsen-Anhalt Salz aus der Sole gewonnen wurde. In der Eisenzeit (Hallstattzeit) bestanden Salinen an zahlreichen Solequellen und an den Küsten. Wichtigste Standorte in Deutschland waren: Halle (Saale), Bad Nauheim, Schwäbisch Hall, Werl (Westfalen). Die Solequellen waren meist im Besitz der Landesherren; sie vergaben den Betrieb an die selbständigen „Pfänner“, die eigentlichen Hersteller des Salzes, die dann auch den Vertrieb übernahmen. In Halle hatte die im Jahre 1491 gegründete „Salzwirker-Brüderschaft im Thale zu Halle“, deren Mitglieder Halloren genannt wurden, das Recht zu Gewinnung und Vertrieb über Jahrhunderte hinweg. Ähnlich war es in Werl, wo die Gilde der Erbsälzer schon 1246 erstmalig genannt wurde, als der Kölner Erzbischof die besonderen Privilegien der Werler Sälzer bestätigte und ihnen das erbliche Recht der alleinigen Salzgewinnung in der Stadt zuerkannte. 1708 wurden sie schließlich noch in den Adelsstand erhoben – was den Stellenwert herausstellt, den das kostbare Salz vermitteln konnte.³

Abgesehen von der Gewinnung aus dem Meer war für die verschiedenen Verfahren ein hoher spezifischer Energiebedarf typisch. Aber auch die Menge an produziertem Salz war erheblich. Allein für Lüneburg mit den bedeutendsten Salinen des Nordens stieg im 13.Jahrhundert der Jahresertrag an Salz auf 15–16.000 Tonnen und der Verbrauch an Holz stieg mit 4 Schätzungen aus späterer Zeit kommen im Mittel auf 1:100 als Relation von 1kg Salz zum Raummeter Holz.⁵ Die Folge waren umfangreiche Rodungen, die zu Holzverknappung und in der Folge zu beträchtlichem Holzhandel führten. Die These, dass hierauf die Entstehung der Lüneburger Heide zurückzuführen sei, gilt inzwischen zwar als widerlegt – jedoch bleibt es aufgrund der aufgefundenen Lieferscheine bei weiten, umfangreich genutzten Transportwegen und -mengen.

Zu berücksichtigen ist dabei, dass Holz auch als Werkstoff und nicht nur als Brennholz Verwendung fand. Die entstehende Holznot brachte die mittelalterliche Gesellschaft an sozial umkämpfte Grenzen der Waldnutzung und verstärkte sich im ausgehenden Mittelalter noch aufgrund der expandierenden gewerblichen Nutzung von Brennholz, v.a. im Bergbau (Metalle, Salz) und in der „protoindustriellen Produktion“ (RADKAU)⁶. Das führte zur Verlängerung der Transportwege und zur steigenden Bedeutung des Holzhandels.

Der Bergbau auf Erz, die Salinen zur Salzgewinnung und die Holzköhlerei für die Aufbereitung des Erzes ließen im Mittelalter Holzgroßverbraucher entstehen. Salinen und

Hüttenwerke bekamen ganze Waldungen „gewidmet“. Sie hatten Anrecht auf riesige Holzmengen zu geringen Preisen, was zu großen Entwaldungen und immer längeren Transportwegen führte. Die Folge waren erste Eingriffe der Obrigkeit. So ist aus Dortmund ein früher Bericht über verordneten Holzanbau erhalten. Im Jahre 1343 wurde dort im Dortmunder Reichswald eine Laubholzpflanzung angelegt.

Bekannt sind auch erste Aufforstungen im Nürnberger Reichswald. Mit dem Ende der letzten Eiszeit wurde die dort ursprünglich waldfreie Tundra von Bäumen besiedelt und nach 9.000 Jahren hatte sich ein geschlossener Waldbestand aus Kiefern-, Birken-, Eichen-, Buchen- und anderen Waldformen entwickelt. Im Mittelalter war der Wald Krongut der deutschen Kaiser, in der Verwaltung durch die Stadt Nürnberg. Von daher stammt auch die Bezeichnung Reichswald, die es auch für andere Wälder in Deutschland gibt, s. oben. Im 13. Jahrhundert wurde der Nürnberger Forst durch Entnahme von Holz, Streu und Rodungen stark übernutzt.

P. STROMEIR, als Nürnberger Ratsherr wie als Miteigentümer von Berg-, Hütten- und Hammerwerken an der Bewirtschaftung der verödeten Flächen und speziell an der Holzversorgung interessiert, experimentierte 1368 auf einigen hundert Morgen des Lorenzer Reichswaldes mit der Anpflanzung von Nadelbäumen, die ihm durch ihr schnelles Wachstum für eine Holzwirtschaft geeignet erschienen. Er hatte tonnenweise Tannen-, Fichten- und Kiefernzapfen sammeln

lassen, deren Samen er in den tief umgepflügten Boden streuen ließ. Vor allem mit den Tannen- und Kiefern-Saaten hatte er schließlich Erfolg.⁷

Abb. 2-1 zeigt diesen Innovator, der es auch schaffte, mit seinen „Dannensäern“ ein ganz neues Geschäftsfeld für Nürnberg zu eröffnen.



Abb. 2-1:

Der Nürnberger Rats- und Handelsherr Peter Stromeir ließ als erster Nadelbäume aussäen; Quelle: R. Lohberg, Der deutsche Wald kann mehr als rauschen, 1966. Kap. Geschichte der

Forstwirtschaft

Nürnberg war damals eine der regsamsten, fortschrittlichsten Städte Europas. Den Nürnberger Kaufleuten wurde rasch klar, welches wirtschaftliche Potenzial in den Ideen STROMEIRS lag und taten es ihm nach, mit beachtlichem Erfolg: Nürnberg exportierte neue Wald-Samen „aller drei Sorten“ überallhin nach Europa. Wo immer Angst vor Holzangel herrschte, fanden sich Käufer. Nürnberger Fachleute, eben die Dannensäer, reisten mit, um das Anpflanzen zu überwachen. Das kam die Kunden zwar teurer zu stehen als der Erwerb der Samen, war aber letztlich billiger, als noch Zeit zu verlieren mit eigenen Experimenten.

Ab 1500 beginnt dann eine lange Reihe der Forstordnungen. Die Gefahren des Kahlschlages wurden erkannt und führten zumindest regional zur Vorsicht in der Waldnutzung. In Reichenhall wurde so bereits im 16. Jh. eine „nachhaltige“ Holzwirtschaft betrieben. Das kommt in einem späteren Zitat von 1661 deutlich zum Ausdruck: „Gott hat die Wälder für den Salzquell erschaffen, auf daß sie ewig wie er kontinuierieren mögen; also solle der Mensch es halten: ehe der alte ausgehet, der junge bereits wieder zum Verhacken herangewachsen ist.“⁸ Prominente Zeitgenossen nahmen sich des Problems an. So prophezeite MELANCHTON, es werde „der Welt an drei Dingen mangeln: an guter Münze, an Holz und an guten Freunden.“ Das Problem war nicht nur ein deutsches: COLBERT, der Finanzminister LUDWIGS XIV, meinte pessimistisch: „Frankreich wird aus Mangel an Holz

zugrunde gehen.” Er erließ 1669 eine Forstschutzverordnung. Auch der Physiker RÉAUMUR warnte 1721 eindringlich vor Holzmangel. Der französische Marineinspekteur DUHAMEL DU MONCEAU verfasste zwischen 1755 und 1767 eine Reihe grundlegender Schriften zum Forstwesen und gehört damit zu den Begründern einer Wissenschaft vom Forst.

Parallel mit dem Wandel vom reichlich vorhandenen Naturprodukt zum knappen Wirtschaftsgut mit festen Preisen lief eine gesellschaftliche Veränderung. Indem die Bauern den Gemeindewald als Privatbesitz unter sich aufteilten, entzogen sie der unterbäuerlichen Schicht, die den Wald für ihr Vieh zur Mast und Weide nutzte, die Existenz. Auch die Waldgewerbe wie Köhler, Pechbrenner und Pottaschesieder wurden verdrängt. Im Bayerischen Wald galten Pechbrenner zum Teil als vogelfrei und durften von den Förstern niedergeschossen werden. Holzdiebe wurden gnadenlos verfolgt.

Holzmangel und Holzteuerung waren speziell im Übergang zum 19. Jahrhundert wichtige allgemeine Themen. Rückblickend wurde für diesen Zeitraum oft von Holznot gesprochen – ein Begriff, den J. RADKAU so nicht stehen lassen wollte und damit eine lebhafte Diskussion unter den Historikern auslöste.^{9,10} 1780 musste eine durchschnittliche Berliner Familie erstmals mehr Geld für Brennholz als für Brot ausgeben. 1821 wurde in Preußen ein Allgemeines Holzdiebstahlgesetz erlassen. 1850 kamen dort auf 35.000 gemeine Diebstähle 265.000 Holzdiebstähle, die so konsequent verfolgt wurden, dass sich K.

MARX als junger Anwalt 1842 empörte, dass dem modernen Staat das Holz wichtiger sei als der Mensch.

Das Problem war allerdings auch ein großes: Der Waldbestand in Kontinentaleuropa hatte sich bis 1600 schon auf 20 % der Landfläche reduziert (von ursprünglich 90 % in römischer Zeit). Und der Energieverbrauch einer mittelalterlichen Stadt war recht hoch. Er wird auf etwa 20 Watt pro Quadratmeter bebaute Fläche geschätzt; eine Hilfsrechnung ergibt dann, dass hierfür eine Waldfläche vom etwa 100-fachen der Stadtfläche erforderlich war.

Übermäßiger Holzverbrauch und die damit einhergehende drohende Holzverknappung und Degradierung der Wälder führten dazu, dass Anfang des 18. Jahrhunderts systematische Ansätze einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung entwickelt wurden. Im Jahr 1713 brachte der sächsische Oberberghauptmann H. C. VON CARLOWITZ ein Werk heraus, das ihm später den Ruf als Vater der modernen Forstwirtschaft eintrug. In „Sylvicultura Oeconomica“ forderte er, dass Holzeinschlag und planmäßige Aufforstung immer im Gleichgewicht sein müssten. Er benutzte sogar den Begriff der Nachhaltigkeit, ohne ihn allerdings näher zu erläutern (was dann 1795 der Forstwissenschaftler G. L. HARTIG nachholte).

Die erste Energiekrise der Menschheit konnte damit überwunden werden – durch einen Sprung in die Nachhaltigkeit des Wirtschaftens.

Bei der nicht nachwachsenden Kohle ist dies naturgemäß

anders. Der Rohstoff Kohle wurde nach Nutzungsanfängen im Mittelalter im 19. Jahrhundert zum entscheidenden Faktor für die von Europa ausgehende Industrialisierung. Die Förderung und die Verwendung von Kohle standen im Mittelpunkt der Strukturveränderungen, sowohl der Technik wie auch des wirtschaftlichen und sozialen Lebens. Kohle lieferte im Vergleich zum seit der Antike vorherrschenden Holz preiswerte und zuverlässige Energie. Kohle wurde im Verlauf des 19. Jahrhunderts die Basis für die Leitsektoren Eisengewinnung und -verarbeitung und Verkehrs- und Transportwesen.

Auch die Kohleförderung und -nutzung wurde von kritischen Stimmen begleitet. Die Einsicht, dass die Kohlevorräte irgendwann erschöpft sein könnten und Knappheit drohte, kam Einzelnen schon früh, zunächst im Kohleland England. Es wird berichtet, dass es dort bereits im 16. Jahrhundert vereinzelt zu Befürchtungen kam, dass die Kohle endlich sein könnte, und in deren Folge in den Parlamenten Exportverbote für Kohle debattiert wurden.¹¹

Ab dem späten 18. Jahrhundert spielten zunehmend sich ändernde Vorstellungen von Wachstum und Verbrauch hinein. Bis dahin galt das Dogma der Merkantilisten, die den Staat für die Wirtschaft in der Rolle des Initiators, des Handelnden und der Aufsichtsführung sahen.¹² Diese praktisch-politischen Ansätze hatten zwar das Ziel der Steigerung der nationalen Wirtschafts- und Handelskraft (auch der Bevölkerung), basierten jedoch auf keiner in sich geschlossenen

wirtschaftstheoretischen und -politischen Konzeption. Es war mehr eine Sammlung punktueller, jeweils problembezogener Ideen und Rezepte, ausgerichtet auf Schaffung einer gewerbefördernden Infrastruktur und staatlicher Manufakturen, auf Preisvorgaben, Privilegien, Produktionsvorschriften und Regelung von Ein- und Ausfuhr, und dies alles zur Mehrung des Staatsschatzes.¹³

A. SMITH war der erste, der das Individuum in den Vordergrund stellte und die Rolle des Staates nur noch in der Herstellung und Sicherung eines Ordnungsrahmens sah. Mit seiner Theorie von Angebot und Nachfrage, letztlich vom Markt, wurde er zum Vater künftiger Generationen von Volkswirtschaftlern. Er erklärte auch die Mechanismen des wirtschaftlichen Wachstums, vor allem in Buch 2 seines Hauptwerks „Wohlstand der Nationen“¹⁴(1776). Stadt- und Landwirtschaft sah er aufeinander bezogen an, eine grundsätzliche Betrachtung der Ressourcen, auch ihre Begrenzung, fehlt jedoch noch bei ihm. Für ihn ersetzte die Kohle das Holz ad infinitum.¹⁵ So gilt er heute (auch) als Vordenker des „fossilen Kapitalismus“.

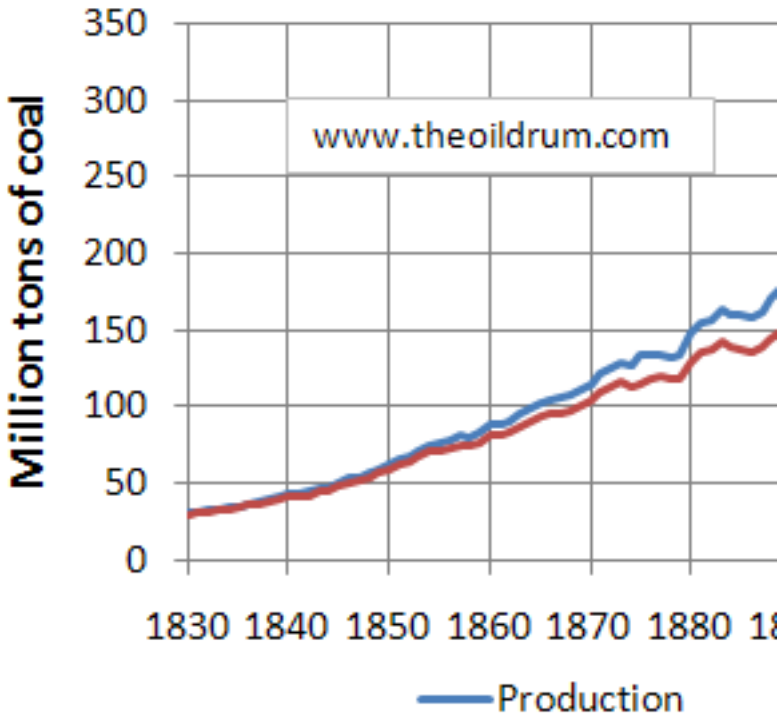
Das änderte sich erst mit A. ST. JEVONS und dessen Hauptwerken „The Coal Question“ mit dem Untertitel „An Inquiry Concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines“ von 1865 und „Theory of Political Economy“ (1871). Während letzteres stark beachtet und rezipiert wurde, blieb die Resonanz für The Coal Question

begrenzt, was wir heute wohl anders sehen würden.

Für JEVONS, der auch Geologe war, war klar, dass sich die Kohlevorräte erschöpfen würden: „[...] a vague notion that some day our coal seams will be found emptied to the bottom, and swept clean like a coal-cellar.“¹⁶

JEVONS' numerische Analyse ging von zwei Annahmen aus: einer jährlichen Verbrauchssteigerung von 3,5 % und einer deutlichen Preissteigerung für immer tiefere, bis 4000 Fuß reichende Gruben. Im Ergebnis kam er auf 100 Jahre (oder auf nur zwei Generationen) bis zum Fördermaximum mit anschließendem Abstieg.¹⁷ Wie recht er im Grundsatz hatte, zeigt Abb. 2-2. The Coal Question wurde zeitgenössisch attackiert, jedoch kam es zu mehreren Royal Commissions, die zu prüfen hatten, ob ein Erreichen des Fördermaximums Englands führende wirtschaftliche Position gefährden könnte.¹⁸

Production and Consumption



2-2:

British Coal Production 1830 – 1980; Source of Data: Mitchell (1988)

Bekannter als diese Aussagen wurde ein Detail aus seiner ökonomischen Theorie, das sogenannte JEVONSSCHE Paradoxon. Es bestand im Beispiel darin, dass Englands

Kohlenverbrauch nach der Einführung der WATTSCHEEN Dampfmaschine anstieg, obwohl sie sehr viel effizienter war als die von NEWCOMEN. Die Erklärung lag und liegt auf der Hand: der erreichte sparsame Energieverbrauch hatte eine steigende Verbreitung der Dampfmaschine und eine Ausdehnung der Anwendung in andere Bereiche zur Folge und führte damit zu dem insgesamt erhöhten Kohlenverbrauch. Übersetzt ins Allgemeine: Die effizientere Nutzung eines Rohstoffes ermöglicht Preissenkungen, die einen Anstieg der Nachfrage und neue Marktsegmente ermöglichen und damit die ursprüngliche Effizienzsteigerung aufheben – was heute in der ökonomischen Theorie unter Reboundeffekt bekannt ist.

Ressourcenschonung und ökologische Aspekte wurden in der Technik erst vergleichsweise spät wahrgenommen. Um 1850 stand fast ausschließlich die Produktgenerierung bis zur Fertigung im Mittelpunkt. Speziell der Fertigungsprozess und alle späteren Phasen des Produktlebenszyklus waren noch kein Gegenstand der Reflexion. Das Bewusstsein für ökologische Zusammenhänge und für die Endlichkeit von Energie- und Materialressourcen war nur schwach ausgebildet.

Die industrielle Entwicklung hatte die Begrenztheit der agrarwirtschaftlichen bzw. vorindustriellen Ressourcenbasis überwunden, oder man glaubte dies zumindest. In der Ökonomie fand das seine Spiegelung im Bild eines säkularen Wirtschaftswachstums, das aus immer wiederkehrenden, sich selbst regulierenden Umläufen von Güter- und Geldströmen

entsteht. Auf der Seite der Technik entsprach diesem ökonomischen „perpetuum mobile“ die Idee eines ständigen Fortschritts, der aufgrund kontinuierlich verbesserter Methoden auch die für das Wachstum erforderliche fossile Energie und die notwendigen Rohstoffe beschaffte.

Es war eine Art von Kreislaufmodell¹⁹, das auch von den Naturwissenschaften gestützt schien. Die notwendige Korrektur kam 1824 von S. CARNOT mit dem Verständnis des thermodynamischen Wirkungsgrades und der Folgerung, dass alle realen Vorgänge irreversible Komponenten enthalten und die Rückkehr in den Urzustand immer nur über die Zufuhr von Energie läuft.²⁰

Die beiden sogenannten Hauptsätze der Thermodynamik²¹ verallgemeinerten um 1850 diese Einsichten, sodass H. VON HELMHOLTZ 1862 von einem konstanten „Kraftvorrat des Weltganzen“ sprechen konnte, der aus zwei Teilen bestünde, nämlich einem ständig kleiner werdenden „Vorrat, der die Änderungen unterhält“, und einen dauernd zunehmenden „Vorrat, der keine Änderungen mehr möglich macht“.²²

Bei den Technikern wurde vor allem der „Erhaltungssatz“ rezipiert und als Bestätigung des Kreislaufmodells verstanden. Es war R. CLAUSIUS, der hier deutlicher wurde und verständlicher formulierte, „daß ein Naturgesetz aufgefunden ist, welches mit Sicherheit schließen läßt, daß in der Welt nicht alles Kreislauf ist, sondern daß sie ihren Zustand fort und fort in einem gewissen Sinne ändert und so einem Grenzzustande zustrebt“.²³

Und später, in einer gesonderten Veröffentlichung von 1885 ganz konkret hinsichtlich der sorglosen Verwendung der Kohle: „Diese verbrauchen wir nun, und verhalten uns dabei ganz wie lachende Erben, welche eine reiche Hinterlassenschaft verzehren. Es wird aus der Erde heraufgeschafft, so viel sich durch Menschenkraft und technische Hilfsmittel nur irgend heraufschaffen lässt, und das wird verbraucht, als ob es unerschöpflich wäre.“ Er forderte in der gleichen Schrift, den Bedarf künftig so weit wie möglich mit heute so genannten regenerativen Energiequellen zu decken, insbesondere mit elektrisch übertragener Wasserkraft. Während das vergangene Jahrhundert der Menschheit die Naturkräfte dienstbar gemacht habe, „werden die folgenden Jahrhunderte die Aufgabe haben, in dem Verbrauch dessen, was uns an Kraftquellen in der Natur geboten ist, eine weise Ökonomie einzuführen, und besonders dasjenige, was wir als Hinterlassenschaft früherer Zeitepochen im Erdboden vorfinden, und was durch nichts wieder ersetzt werden kann, nicht verschwenderisch zu verschleudern.“²⁴

Auch der langjährige VDI-Direktor F. GRASHOF rügte 1877 den verschwenderischen Kohlenraubbau und forderte einen schonenden Umgang mit den Energieressourcen, vor allem durch „Gleichgewichts- und Kreislauftechniken, die die auf der Welt insgesamt konstante Arbeitsmenge nur immer wieder nutzbringend umschichten“ sollten.²⁵ Das lief auf eine Notwendigkeit des Haushaltens mit den endlichen Naturvorräten hinaus.

Die Mahnungen blieben jedoch ohne Folgen. Die Erschließung immer neuer Rohstoffvorkommen und Kraftquellen im Inland und vor allem in den Kolonien ließ die Vorräte als nahezu unendlich erscheinen, wie Veröffentlichungen von z.B. 1888 zeigen: „Hiernach würde Deutschland bei einer gleichen Gewinnung wie die gegenwärtige von rund 60 Millionen Tonnen für 1 Jahr noch für etwa 6.000 Jahre Kohle besitzen oder den gegenwärtigen Verbrauch Europas auf etwa 1.500 Jahre decken.“²⁶

Dann kam es Ende des 19. Jahrhunderts jedoch mit der „energetischen Bewegung“ des Physikochemikers A. W. OSTWALD zu einem neuen Impuls. Sein übergreifender metaphysischer Ansatz verband Physik, Technik und Staat durch sein Grundprinzip von der Verbesserung des Nutzens: „Der ökonomische Koeffizient der Energietransformation ist so wirklich der allgemeine Maßstab menschlicher Angelegenheiten.“²⁷ 1912 formulierte er seinen Energetischen Imperativ: „Vergeude keine Energie, sondern nutze sie!“²⁸

OSTWALDS Verdienst ist es damit, ein normatives Leitbild einer „dauerhaften Wirtschaft“ geschaffen zu haben, letztlich ein Vorläufer der „sustainable economy“. Er hatte damit auch Resonanz, allerdings mehr zufällig aufgrund des „Kohlennot-Alarms“ von 1900, einer hochkonjunkturbedingten massiven Kohlenknappheit.²⁹

Das Denken in Wirkungsgraden verbreitete sich schnell in der Technik und führte vor dem Ersten Weltkrieg

zu einer „progressiv-technokratischen Ingenieurbewegung, die sich z. T. auch kritisch gegen die Kaufleute in den Unternehmungsleitungen richtete und latent antikapitalistisch war. Ziel dieser Bewegung war der Kampf gegen jegliche Vergeudung von Energie-, Material- und Arbeitsressourcen in der Gesamtwirtschaft.“³⁰

Der erste Weltkrieg verschärfte unter dem Eindruck der Knappheit die Bemühungen um rationelleren Umgang mit den Ressourcen. Namentlich sind hier W. RATHENAU und W. VON MÖLLENDORF zu nennen, die sich für eine generelle Verbrauchssenkung von Energie und Rohstoffen einsetzten, bei RATHENAU 1917 dazu noch verbunden mit allgemeinen gesellschaftspolitischen Zielsetzungen: „Heute ist jeder Verlust, jede Verschwendung Sache der Gemeinschaft.“³¹ Ähnliche Reformansätze gab es in den USA, auch hier von den Ingenieuren ausgehend. Sie reichten dort über das Kriegsende hinaus und manifestierten sich in einer „Revolt of Engineers“.

Mit der Rückkehr zu „normalen“ Verhältnissen nach dem Krieg mit gutem Angebot von Energie und Rohstoffen in den 1920er Jahren verflachte in den USA wie in Deutschland die energetische Bewegung zu einer Rationalisierungsstrategie nach TAYLOR und FORD. Der „Energetische Imperativ“ war etwas für Notzeiten gewesen, den man bei einem reichen Angebot an Rohstoffen und Energieträgern schnell wieder vergaß. Fast typisch wiederholte sich dieser Prozess im und nach dem zweiten Weltkrieg. Erst die Debatte über die Grenzen des Wachstums der

1970er Jahre und vor allem die beiden Ölpreiskrisen 1973–1975 und 1979–1982 beendeten diese Phase des sorglosen Umgangs mit Rohstoffen und Energie.

Die Mahnungen aus dem letzten Drittel des 19. Jahrhunderts hatten zwar keine unmittelbaren praktischen Folgen für den Umgang mit Energie gehabt, wie oben erläutert. Aber sie hatten doch die Reichweitendiskussion angestoßen, die auch nach dem Aufkommen des Erdöls die Szene bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts beherrschte, als sich mit der Kernenergie eine scheinbar unerschöpfliche Energiequelle auftat. Ihre Ergebnisse wurden zwar jeweils zur Kenntnis genommen, gaben jedoch keinen Anlass zum grundlegenden wirtschaftlichen oder technischen Wandel, zumal sich immer Korrektive auftaten. So bewahrheitete sich die Prognose einer schnellen Kohlenkrise nicht – mit dem Beginn der Erdölnutzung ab 1859 gab es für die Kohle Konkurrenz und zumindest partiellen Ersatz.

Die Problematik der Reichweite der Vorräte stellte sich allerdings auch hier. Sie wurde sogar offensichtlicher und führte zu etlichen Cassandra-Rufen: die mühsam erschlossenen Ölfelder erschöpften sich oft binnen weniger Jahre. Das zeigte sich früh in den USA, die den Erdölboom 1859 mit der Bohrung von DRAKE in Pennsylvania angestoßen hatten. DRAKES Bohrung war zwar nicht der erste erfolgreiche Fund – 1844 hatte schon der russische Ingenieur F. N. SEMYENOV mit einem Schlagbohrsystem eine erste Ölquelle im auch heute noch genutzten Ölfeld von Bibi-Eibat erschlossen – jedoch verfügten

die Amerikaner über das Patent des kanadischen Arztes und Geologen A. P. GESNER auf die Herstellung von Petroleum aus Kohle oder Erdöl. Das gab dann den Ausschlag für ihre künftig führende Rolle im neu entstehenden Ölmarkt.

„Schon 1910 erklärte das US-Bergbauamt, die Erdölvorräte würden nur noch für 10 Jahre reichen.“³² 1919 findet sich mit 20 Jahren eine nächste kurze Reichweitengabe und 1922 ermittelten US-Regierungsgeologen, dass die amerikanischen Quellen 1940 versiegt sein würden. Sogar der Begriff „Ölnot“ zirkulierte und wurde von ROCKEFELLER im Kampf um weltweit neue Erschließungsrechte politisch genutzt.³³

In der Folge mehrten sich die Reichweiten-Prognosen für Kohle und Öl, die häufig nicht vergleichbar waren, da die Begriffe wechselten oder unscharf verwendet wurden. Schon länger unterscheidet man korrekt³⁴

Reserven (bestätigte Reserven): Teil des Gesamtpotentials, der mit großer Genauigkeit erfasst wurde und mit den jeweiligen technischen Möglichkeiten wirtschaftlich gewonnen werden kann.

Ressourcen: Teil des Gesamtpotentials, der entweder nachgewiesen, aber derzeit nicht wirtschaftlich gewinnbar ist, oder geologisch noch nicht genau erfasst ist.

Gesamtpotential: Die Summe aus Reserven und Ressourcen, also das verbleibende Potenzial für den zukünftigen Verbrauch.

Statische Reichweite: Der Wert entspricht dem Verhältnis der jeweils bekannten Reserven

zur Ölproduktion des jeweils abgelaufenen Jahres (engl. Reserve-to-Production-Ratio). Dass die statische Reichweite lediglich eine Momentaufnahme liefert und künftige Nachfrageänderungen in die Berechnung nicht einfließen, war zwar grundsätzlich bekannt, fand aber erst viel später Eingang in die offiziellen Statistiken.³⁵

Mit den 1920er Jahren haben wir jedoch schon eine Epoche erreicht, in der ein neuer und letztlich bedrohlicherer Aspekt Beachtung fand: die ökologischen Folgen der Nutzung von Bodenschätzen und fossiler Energie. Zu Beginn des Jahrhunderts war erstmals ein Zusammenhang zwischen der Oberflächentemperatur der Erde und einem Anstieg des CO₂ in der Atmosphäre durch die Industrialisierung thematisiert worden. Allerdings fehlten damals die Daten für einen Nachweis der These, s. Kap 4, Klimadiskussion: Treibhauseffekt.

Schon im 19. Jahrhundert hatte es bereits erste Schritte zum Naturschutz gegeben. 1872 beschloss der amerikanische Kongress die Einrichtung des Yellowstone National Park. Dies gab Anregung auch für andere Nationen, z.B. Schweden, das 1909 die ersten Nationalparks einrichtete. Einige der ersten internationalen Bemühungen um den Naturschutz waren dann³⁶

1911, erste internationale Konferenz für Vogelschutz in Paris,

1913, erste internationale Konferenz für Naturschutz in Bern,

1923, 1. Internationaler Kongress für Naturschutz in Paris,

1925, 1. Deutscher Naturschutztag in München.

Bis zu internationalen Abkommen war es jedoch noch ein weiter Weg – erst mussten zwei Weltkriege geschlagen und überwunden werden.

Regenerative Energien und deren Nutzungsmöglichkeiten waren Anfang der 1930er Jahre durchaus bekannt. Ihre Entwicklung, insbesondere der Weg zu Solar- und Windenergie, wird in späteren Kapiteln beschrieben.

Der Ersatz von Kohle und Öl durch nachhaltige Quellen wurde jedoch erst langsam zum Thema. Einer der ersten war der Sachbuchautor H. GÜNTHER, der sich hier grundsätzliche Gedanken machte.³⁷ Er propagierte im Hinblick auf die Endlichkeit der Kohlevorräte eine Welt ohne Kohle und eine Energieversorgung über Solarenergie, Wellenkraftwerke, Windtürme, etwaige Zyklonenergienutzung sowie Wärme aus tropischen Meeren und der Erde als Energiequellen.

Aufmerksamkeit erreichten solche Publikationen – Konsequenzen hatte sie jedoch lange nicht. Dies hatte mindestens vier Ursachen:

In den 1930 bis 1950er Jahren war die Welt mit dem Phänomen des Nationalsozialismus, den Kriegsvorbereitungen Deutschlands, der Kriegsführung selbst und nicht zuletzt den Folgen des Krieges mehr als beschäftigt.

1910 wurden die ersten Erdgasfunde in Deutschland bei Neuengamme nachgewiesen. Die erste „Deutsche

Verordnung zur Suche nach Erdöl und Erdgas” aus dem Jahr 1934 machte sichtbar, dass die Nutzung von Erdöl und Erdgas inzwischen auf dem Weg zum Allgemeingut war. Die Verordnung regelte die Konzessionsvergabe und formulierte Sicherheitsvorgaben für Förderung und Verarbeitung. In den 1960er Jahren wurde Erdgas erstmals im großen Stil zum Beheizen von Häusern genutzt. Damit war eine weitere neue Energiequelle gefunden und für die Energieversorgung nutzbar.

Im August 1955 begann in Genf auf der ersten Konferenz der Vereinten Nationen das Zeitalter der zivilen Nutzung der Kernenergie. Auf Präsident D. D. EISENHOWER geht die Initiative zurück, die friedliche Nutzung der Kernenergie auch für jene Staaten zu öffnen, die (noch) nicht im Besitz atomarer Waffen waren. Vor allem in der jungen Bundesrepublik war die Euphorie besonders groß. K. ADENAUER gründete im Oktober 1955 ein Bundesministerium für Atomfragen; zuständiger Minister wurde F. J. STRAUSS, der für Deutschland die Chance sah, sich mittels Kerntechnik in der „vordersten Reihe der Industrienationen“ zu behaupten.

Die ursprünglich als begrenzt angesehenen Reserven und damit Reichweiten von Kohle und Erdöl, später auch von Erdgas vergrößerten sich entgegen den Erwartungen massiv.

Was den letzten Punkt der Reichweiten betrifft, begnügen wir uns hier mit der Sicht auf Bilanzen um die Jahrtausendwende. Hierzu gab und gibt es immer wieder neue Schätzungen, die es

näher zu verfolgen nicht lohnt. Für die Kohle deutet sich in Abb. 2-3 ein Phänomen an, das auch bei Öl und Gas wiederkehrt: die relative Konstanz der prognostizierten Reichweiten über die Erhebungsjahre, bei Öl und Gas sogar deren Anstieg, s. Abb. 2-4 und Abb. 2-5.

Preis pro Tonne in US-\$ von 2000

70

60

50

40

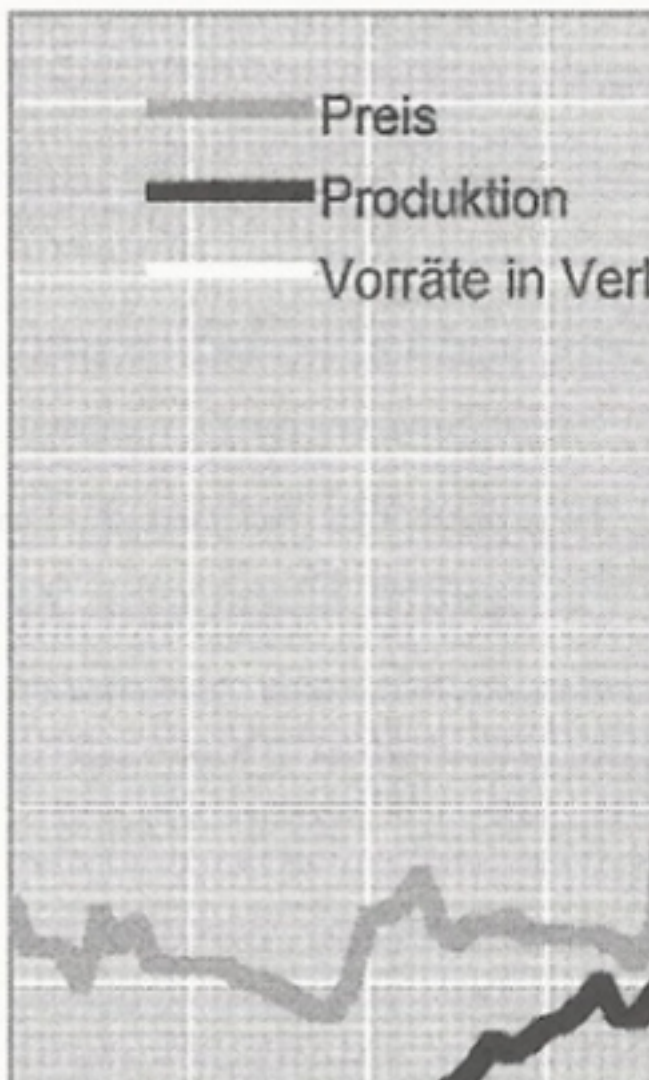
30

20

Preis

Produktion

Vorräte in Ver



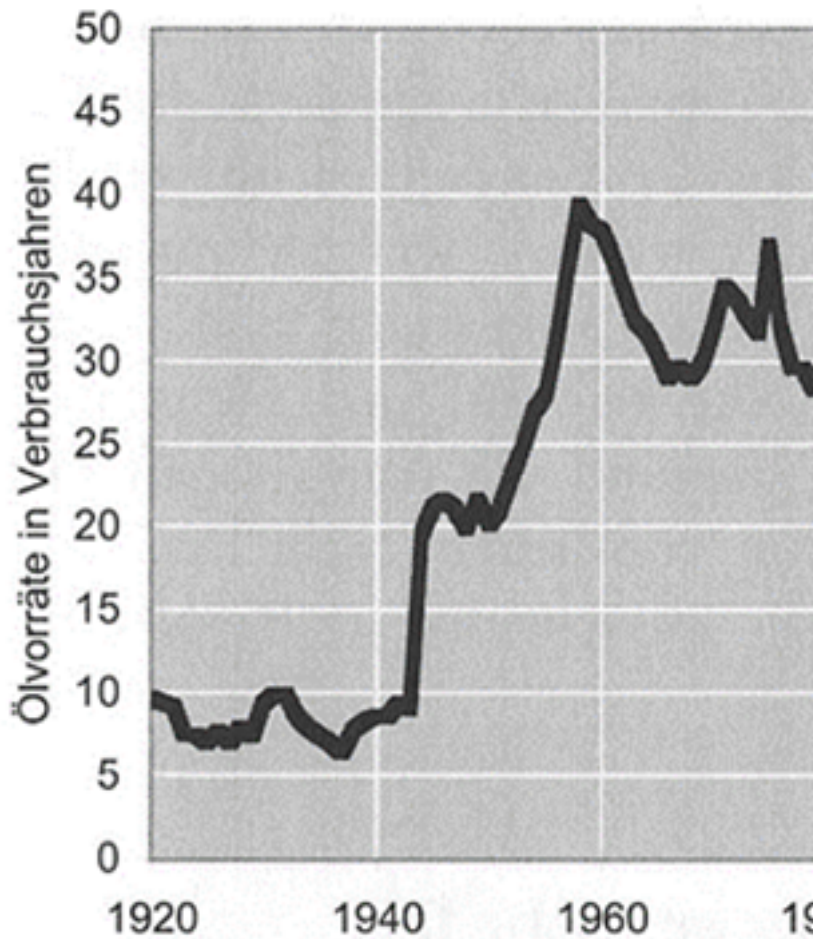
2-3:

Weltweite Kohleförderung, Preis und Vorräte in Verbrauchsjahren, Förderung in Mrd. Tonnen 1888–1999, Preis pro Tonne in US-\$ von 2000 und Vorräte in Verbrauchsjahren 1975–1999 in hundert Jahren; Quelle: B. Lomborg, Apocalypse No!, Abb. 70

Dass sich trotz steigenden Verbrauchs die Reserven bis zur Gegenwart konstant oder leicht ansteigend zeigen, hat nachvollziehbare Gründe:

Die Exploration geschieht nur mit kurzem Vorlauf zu Verbrauch bzw. Nachfrage, nicht auf Vorrat – das wäre zu teuer. So werden immer neue Funde gemeldet.

Die Ausbeutung der Ressourcen verbessert sich ständig. So werden Vorkommen interessant, deren Förderung bis dahin nicht lohnend erschien. Ein Beispiel sind die Ölsande in Nordamerika, speziell Kanada.



2-4:

Ölvorräte in Verbrauchsjahren, Ölreserven weltweit Im

Vergleich zur Jahresproduktion, 1920–2000 (bis 1944 nur USA);
Quelle: B. Lomborg, Apocalypse No!, Abb. 66

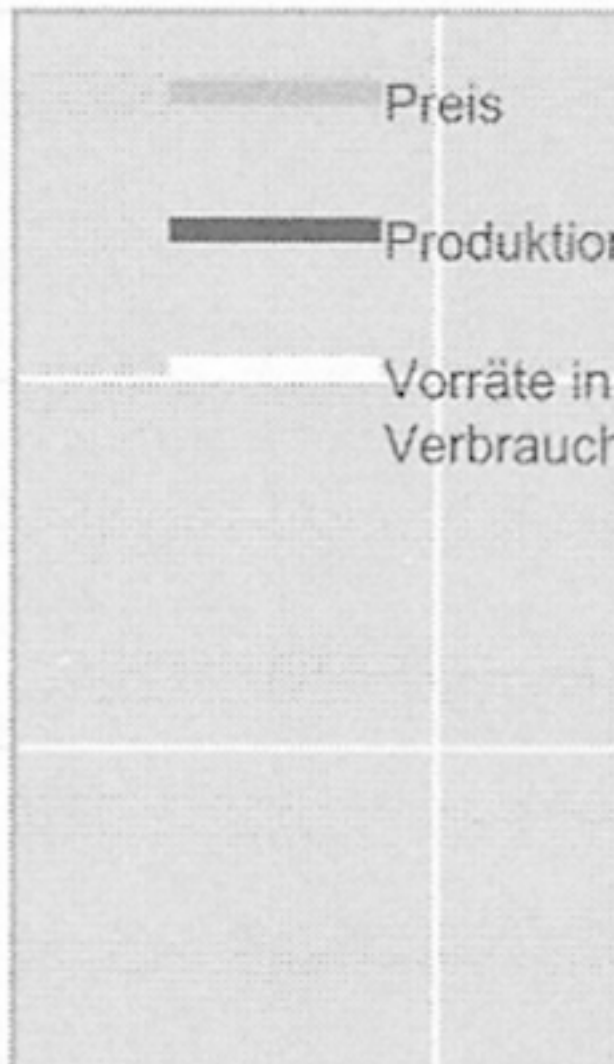
pro GJ in US-\$ von 2000

4
3
2

Preis

Produktion

Vorräte in
Verbrauch



2-5:

Weltweite Erdgasförderung. Erdgaspreise, Vorräte in Verbrauchsjahren. Förderung in Exajoule 1925–1999, Preise 1949–2000 in US-\$ von 2000 pro Gigajoule und Vorräte in Verbrauchsjahren 1975–1999; Quelle: B. Lomborg, Apocalypse No!, Abb. 69

Während sich also die Reichweitenproblematik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts relativierte, nahm die Wahrnehmung von Natur und Umwelt national und international zu, wie mehrere Abkommen und Bündnisse belegen:

1946 KRW, Internationale Konvention zur Regelung des Walfangs,

1948 Gründung der Welt-Naturschutzorganisation,

1959 Antarktisvertrag,

1961 Gründung der OECD, der Gesellschaft für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung,

1968 Europäische Wassercharta.

Erste Regierungsverantwortung für den Umweltschutz in Deutschland übernahm im Herbst 1969 Innenminister GENSCHER in der sozialliberalen Koalition BRANDTS³⁸. Er erkannte, welche Gestaltungsmöglichkeiten ihm der Themenstrauß in der neu übernommenen Abteilung „Gewässerschutz, Luftreinhaltung und Lärmbekämpfung“ bot. Er suchte als erstes nach einer Alternative zum sperrigen Namen der Abteilung und entschied sich für „Abteilung U“, mit U für den in Deutschland noch kaum

bekannten Begriff „Umweltschutz“ (wohl vom englischen environmental protection). Bald stellte GENSCHER ein „Sofortprogramm zum Umweltschutz“ vor, 1971 folgte das erste Umweltprogramm einer deutschen Bundesregierung.³⁹ Bis zu seinem Wechsel an die Spitze des Auswärtigen Amts im Jahr 1974 setzte GENSCHER ein ambitioniertes Reformprogramm um, für das es nicht nur in Deutschland kein Vorbild gab. Er legte u.a. das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, das Benzinbleigesetz, das Abfallbeseitigungsgesetz und das Bundesimmissionsschutzgesetz vor, schuf den Sachverständigenrat für Umweltfragen und gründete das Umweltbundesamt in Berlin. Zum Naturschutzbeauftragten der Bundesregierung machte er den international anerkannten Frankfurter Tierarzt und Verhaltensforscher B. GRZIMEK.

1972 wurde dann für den Umweltschutz zum Schlüsseljahr. Die UNO stellte sich diesem Thema und berief eine Weltkonferenz über die menschliche Umwelt mit dem Ziel einer Bestandsaufnahme aller Umweltgefahren ein (5.–16. Juni 1972 in Stockholm).

Mit der Konferenz in Stockholm 1972 begann die internationale Umweltpolitik. Ihr kalendarischer Beginn, der 5. Juni, ist heute noch der „Internationale Tag der Umwelt“.

Im Abschlussdokument der Umweltschutzkonferenz, der „Deklaration von Stockholm“, bekennen sich die 122 Teilnehmerstaaten (ohne die Ost-Staaten) zur Grenzen

überschreitenden Zusammenarbeit, zu 26 Prinzipien für Umwelt und Entwicklung und dazu, dass zwar jeder Staat seine eigenen Ressourcen heben kann, dabei aber anderen Staaten kein Schaden zugefügt werden darf.

Auf Vorschlag der Stockholmer Konferenz wurde im gleichen Jahr durch die UN-Vollversammlung das UN-Umweltprogramm (UNEP) mit Sitz in Nairobi/Kenia gegründet. Ins Leben gerufen wurde auch das Erdbeobachtungssystem „Earthwatch“, ein Aktionsplan zum Monitoring und zur Bewertung der globalen Umwelt.⁴⁰

3 Club of Rome: Grenzen des Wachstums?

1972 ist auch das Jahr der ersten und bekanntesten Veröffentlichung des Club of Rome, der „Grenzen des Wachstums“ mit D. MEADOWS als Herausgeber.

Der Club of Rome ist, wie „Club“ nahelegt, ein informeller Zusammenschluss von etwa 70 Mitgliedern aus 25 Staaten. Seine spektakuläre Geschichte beginnt 1967 mit einer Begegnung zwischen A. PECCEI, einem Manager der FIAT, und A. KING, einem schottischen Chemiker. Während seiner Arbeit um die Welt reisend, wurde PECCEI über das Tempo der sozioökonomischen Entwicklung, die Umweltzerstörung und das Nord-Süd-Gefälle zunehmend besorgter. Seine Bedenken äußerte er in einer Grundsatzrede vor ADELA, einer neuen Investmentgesellschaft. Zufällig landete sein Redetranskript auf dem Schreibtisch von A. KING, der so beeindruckt war, dass er PECCEI kontaktierte und ein Treffen vorschlug.¹

Auf Einladung der beiden versammelten sich 1968 rund 30 europäische Wissenschaftler, Ökonomen und Industrielle in Rom, um über globale Probleme zu diskutieren. Das Treffen war nicht unbedingt ein Erfolg, auch weil das Hintergrundpapier für die Diskussion zu abstrakt, kompliziert und kontrovers geraten war. Bei einem Abendessen in kleiner Gruppe waren

sich die Teilnehmer einig, dass sie „zu dumm, naiv und ungeduldig“ gewesen seien und sich eingehender mit der Thematik beschäftigen müssten. Sie beschlossen, sich hierfür ein Jahr Zeit zu geben und sich dann neu in einem Diskussionskreis zu treffen, den sie fortan den „Club von Rom“ nannten.²

Bis 1969 war der Club eine informelle Gruppe von Personen, die sich häufiger trafen, um globale Probleme besser zu verstehen. Als ihre Zahl wuchs, wurde es notwendig, eine rechtliche Struktur zu schaffen und A.PECCEI als Präsidenten zu ernennen. Sein Credo war, dass das Verständnis der „Problematique“, wie der Club die miteinander verbundenen Herausforderungen nannte, unerlässlich sei, um für die Zukunft zu planen.³

Auf Einladung der Schweizer Regierung hielt der Club 1970 seine erste offizielle Sitzung in Bern ab. PECCEI hatte den türkischen Zukunftsforscher H. OZBEKHAN eingeladen, ein Modell vorzuschlagen, um die missliche Lage der Menschheit zu untersuchen. Dem Forum erschien dies Modell nicht geeignet; es akzeptierte dann aber einen Vorschlag des MIT-Professors J. FORRESTER, das Potential seiner Computermodelle zu nutzen. Der Club beschloss, eine Gruppe von MIT-Forschern mit der Entwicklung des sogenannten „World3-Modells“ und der Erstellung eines ersten Berichts an den Club of Rome zu beauftragen.⁴

1971 wurden Entwürfe des Berichtes unter dem Titel „The Limits to Growth“ der niederländischen Presse zugespielt und

lösten eine überwältigende Resonanz aus. F. BOETTCHER, der Leiter der niederländischen Delegation im OECD-Ausschuss für Wissenschaft und Technologie, überredete den Club daraufhin, „The Netherlands Association for the Club of Rome“ zu gründen, den ersten nationalen Verband. Die Gründung anderer nationaler Verbände, auch eines deutschen, folgte schnell.⁵ 1972 war der Bericht an den Club of Rome fertig, erstellt von Forschern am MIT unter der Leitung von D. MEADOWS, die die Methoden J. FORRESTERS nutzten.

„The Limits to Growth“ gilt als Klassiker der Nachhaltigkeitsbewegung und war die erste Studie, die die Lebensfähigkeit des anhaltenden Wachstums vor dem Hintergrund des menschlichen ökologischen Fußabdrucks in Frage stellte.

Die Veröffentlichung betrat auch Neuland als erstes globales Modell, das von einem unabhängigen Gremium und nicht von einer Regierung oder der UNO in Auftrag gegeben wurde. Übersetzt in über 30 Sprachen hat sich das Buch mehr als 16 Millionen Mal verkauft.⁶

Für „Die Grenzen des Wachstums“ nutzte MEADOWS den Ansatz einer „Dynamik komplexer Systeme“ (= „Systems Dynamics“) für die Modellierung einer homogen angenommenen Welt. Es berücksichtigte die Wechselwirkungen zwischen Bevölkerungsdichte, Nahrungsmittelressourcen, Energie, Material und Kapital, Umweltzerstörung, Landnutzung usw. Das Modell ermöglichte mittels Computersimulation

eine Reihe von Szenarien, mit Annahmen über verschiedene „stabilisierende“ politische Maßnahmen.

Die Aussagen aller Modelle liefen darauf hinaus, dass sich die Weltbevölkerung und ihr Wohlstand in den nächsten hundert Jahren dramatisch reduzieren würde, wenn der Ausbeutungstrend (nach Stand von 1972) unverändert anhielte. MEADOWS hatte bewusst vereinfacht, um überhaupt zu Ergebnissen zu kommen. Er wollte auch keine Prognosen mitteilen, sondern Modelle aufstellen und testen. Die Öffentlichkeit sah das anders und nahm den Bericht als Hiobsbotschaft – was ihm weltweite Publizität und dem Club of Rome vor allem in Großbritannien und den USA das Image unverantwortlicher Schwarzmalerei eintrug. In Deutschland dagegen wurde der Club of Rome für „Grenzen des Wachstums“ 1973 mit dem Friedenspreis des Deutschen Buchhandels ausgezeichnet.

Der Veröffentlichung von 1972 folgten weitere Berichte des Club of Rome, so D. Meadows [u.a.]: Die neuen Grenzen des Wachstums, 1992; D. Meadows [u.a.]: Grenzen des Wachstums. Das 30-Jahre-Update, 2006. Sie modifizierten die Ergebnisse der Ursprungsveröffentlichung, kehren sie jedoch nicht um. Wenn auch inzwischen Emissionen mit aufgenommen sind – die Berichte des Club of Rome sind keine Klimareports geworden und enthalten auch keine diesbezüglichen Prognosen, sehr wohl aber Handlungsanweisungen für die Politik vor dem Hintergrund begrenzter Ressourcen. So ist der sparsame Umgang mit Energie

mehrfach thematisiert. Typisch für die Handlungsempfehlungen der MEADOWS (zu den Autoren gehörte auch die Ehefrau D. MEADOWS‘, Prof. Dr. DONELLA MEADOWS, † 2001) sind die allgemeinen Maximen, von denen hier drei zitiert seien:

„Wir brauchen nicht Wachstum, sondern Entwicklung. Sofern für die Entwicklung ein materieller Zuwachs erforderlich ist, sollte dieser gerecht erfolgen und unter Berücksichtigung sämtlicher realen Kosten finanzierbar und nachhaltig sein.“

„Wir müssen Techniken fördern, die den ökologischen Fußabdruck der Menschheit verkleinern, die Effizienz erhöhen, Ressourcen stützen, Signale deutlicher machen und materielle Benachteiligung beenden.“

„Wir müssen unsere Probleme als Menschen angehen und außer der Technik noch weitere Möglichkeiten zu ihrer Lösung einsetzen.“⁷

4 Wahrnehmung und Beginn einer Klimapolitik

4.1 Klimakonferenzen

Die Fragen, was der Mensch mit der Welt und speziell seiner Umwelt anstellt und anstellen darf, lagen mit „Grenzen des Wachstums“ auf dem Tisch. Dass zu den dort behandelten Problemen das Thema „Klima“ hinzutrat, ist den Fachwissenschaften und speziell der Meteorologie zu verdanken.

Eine Schlüsselrolle spielte hierbei die Weltorganisation für Meteorologie (World Meteorological Organization – WMO), die am 23. März 1950 gegründet wurde. Sie hatte mit der seit 1873 bestehenden Internationalen Meteorologischen Organisation (IMO) eine Vorläuferin, die als freiwilliger Zusammenschluss der Direktoren staatlicher meteorologischer Dienste und Observatorien bis zum Ende des Zweiten Weltkriegs arbeitete. Die internationale Zusammenarbeit blickte in diesem Feld also bereits auf eine lange Geschichte zurück – kaum eine andere Wissenschaft ist so auf großräumige Zusammenarbeit angewiesen wie gerade die Meteorologie. Das Wetter macht nicht an politischen Landesgrenzen halt, und alle Staaten sind auf die Wetterbeobachtungen der anderen angewiesen.

Mitglieder der WMO sind nicht Wetterdienste oder deren Direktoren, wie es bei der Vorgängerorganisation IMO der Fall

war, sondern Staaten und Hoheitsgebiete, die einen ständigen Vertreter benennen. Voraussetzung für eine Mitgliedschaft ist die Existenz eines eigenen meteorologischen Dienstes. Am 1. Juli 1984 gehörten der WMO 152 Staaten und 5 sog. Territorien an; heute sind es 187 Staaten und sechs Territorien (Stand 2019). Zu diesen Territorien gehört beispielsweise Hongkong, das einen eigenen Wetterdienst besitzt. Deutschland ist mit der Bundesrepublik seit dem 10. Juli 1954 Mitglied der WMO. Sie ist der Organisation als 60. Staat beigetreten. Für sie ist der Präsident des Deutschen Wetterdienstes der Ständige Vertreter bei der WMO.¹ Neben dem Welt-Wetterwachtprogramm (WWW Programm) hat das Welt-Klimaprogramm (World Climate Programme – WCP) seit Beginn der 1980er Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen – als Folge der ersten Weltklimakonferenz, die die WMO vom 12.–23. Februar 1979 in Genf veranstaltete. Die Konferenzergebnisse hatten noch im Mai des gleichen Jahres zur Annahme des WCP geführt.

Auf der Konferenz von Genf (kurz WCC 1 genannt) standen der Hintergrund der Klima-Anomalien seit 1972 und die Möglichkeit der Klimabeeinflussung durch die menschliche Gesellschaft im Mittelpunkt. Das Ergebnis war zusammengefasst:

„Die fortdauernde Ausrichtung der Menschheit auf fossile Brennstoffe als wichtigster Energiequelle wird wahrscheinlich zusammen mit der fortgesetzten Waldvernichtung in den kommenden Jahrzehnten

und Jahrhunderten zu einem massiven Anstieg der atmosphärischen Kohlendioxid-Konzentration führen (...) Unser gegenwärtiges Verständnis klimatischer Vorgänge lässt es durchaus als möglich erscheinen, dass diese Kohlendioxid-Zunahme bedeutende, eventuell auch gravierende langfristige Veränderungen des globalen Klimas verursacht; und (...) da das anthropogene Kohlendioxid in der Atmosphäre nur sehr langsam durch natürliche Prozesse abgebaut wird, werden die klimatischen Folgen erhöhter Kohlendioxid-Konzentrationen wohl lange anhalten“ (KAS).²

Die Weltklimakonferenz WCC 1 der WMO folgten noch zwei weitere, sämtlich in Genf als Sitz der WMO, sodass sich die Folge ergibt:

WCC 1, 1979

WCC 2, 1990

WCC 3, 2009

War das Klima bis zur WCC 1 und zur WCC 2 weitgehend eine Angelegenheit der Wissenschaftler und Fachexperten, so änderte sich das mit den Konferenzergebnissen und der steigenden Zahl z. T. gleichsinniger, z. T. widerstreitender Veröffentlichungen: 1983 gründeten die Vereinten Nationen die Internationale Kommission für Umwelt und Entwicklung (WCED = World Commission on Environment and Development) als unabhängige Sachverständigenkommission. Diese Kommission veröffentlichte vier Jahre später ihren Bericht zur Zukunft, der nach ihrer Vorsitzenden auch als

BRUNDTLAND-REPORT bekannt wurde. In ihm wurde ein Leitbild zur sogenannten Nachhaltigen Entwicklung zum Programm erhoben, das bis heute gültig ist.

Der Brundtland-Bericht stellte im einzelnen fest, dass kritische, globale Umweltprobleme i.A. das Resultat großer Armut im Süden und von nicht nachhaltigen Konsumgewohnheiten und Produktionsmustern im Norden sind (Nord-Süd-Gefälle). Er verlangte somit eine Strategie, die Entwicklung und Umwelt zusammenbringt und formulierte den Leitsatz:

„Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.“³

Aus „dauerhafter Entwicklung“ wurde schnell „nachhaltige Entwicklung“, ein Begriff, der ursprünglich wohl auf die Forstwirtschaft zurückgeht, für die der sächsische Oberberghauptmann H. C. VON CARLOWITZ schon 1713 eine „nachhaltende Nutzung“ verlangt hatte, s. Kap. 2, Die Anfänge: Ressourcen. Sein Begriff wurde ins Englische mit „sustainable“ übertragen. Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.

Vor dem Hintergrund des Brundtland-Berichtes beriefen die Vereinten Nationen nach langen Vorbereitungen 1992 eine

zweite große Umweltkonferenz ein, die in Rio de Janeiro mit großer Beteiligung von Experten und Regierungen stattfand.

Wesentliches Ergebnis war die sogenannte Agenda 21, die detaillierte Handlungsaufträge für den sozialen, ökologischen und ökonomischen Sektor formulierte.

Bisher gab es drei weitere Folgekonferenzen solcher „Weltgipfel“. Nach 5 Jahren fand am 23.–27. Juni 1997 in New York der Weltgipfel Rio +5 statt. Hauptthema war: Welche Veränderungen haben die Hauptakteure – Regierungen, internationale Politiker, Wirtschaft, Gewerkschaften, Frauengruppen und andere – in den fünf Jahren nach Rio erreicht? Am Gipfel nahmen 53 Staats- und Regierungschefs sowie 65 Minister für Umwelt oder anderer Ressorts teil.

Der Weltgipfel Rio +5 hatte folgende Ziele:

Wiederbelebung und Stärkung der
(Selbst-)Verpflichtungen für eine nachhaltige Entwicklung,

Offenes Feststellen von Versagen und Identifizieren der
jeweiligen Gründe,

Erkennen von Erreichtem und Identifizieren von
Aktionen, die in der Sache weiterführen,

Festlegen von Prioritäten für die Zeit nach 1997,

Feststellen der Probleme, die in Rio nicht genügend
gewürdigt wurden.

Der Weltgipfel Rio +5 endete im Prinzip mit großer Ernüchterung bis hin zur Enttäuschung und eigentlich mit

nur einer Übereinstimmung, nämlich dass es der Erde schlechter gehe als je zuvor. Hierüber konnten kleinere lediglich auf einzelnen Sektoren erreichte Fortschritte, wie z.B. bei Klimaveränderungen, Waldverlusten oder knappen Süßwasserreserven nicht hinwegtäuschen. Probleme zeichneten sich insbesondere ab bei der Zunahme der Emissionen von Treibhausgasen und bei der Freisetzung toxischer Stoffe und fester Abfälle. Insbesondere wegen der Nord-Süd-Differenzen darüber, wie nachhaltige Entwicklung global finanziert werden sollte bzw. könnte, gab es keine großen Durchbrüche. Im Schlusssdokument, das sich als sog. Programm für die weitere Umsetzung der Agenda 21 von Rio verstand, wurden weiche, allgemeine Formulierungen gewählt, um die zutage getretenen Differenzen notdürftig zu überdecken.

Der Weltgipfel Rio +10 in Johannesburg, 26. August bis 4. September 2002, hatte erneut die Umsetzung der Rio-Konvention (Agenda 21) zum Gegenstand, wobei dieses Mal die fortgeschrittene Globalisierung neue Akzente setzte.

Zum 20-jährigen Jubiläum fand schließlich die 3. Nachfolgekonferenz (Rio + 20) vom 20. Juni bis 22. Juni 2012 statt, wieder in Rio. Die Konferenz versammelte erneut die Staats- und Regierungschefs, um die 1992 gegebenen Impulse zur Nachhaltigkeit wieder aufzugreifen und zu erneuern.

Allerdings war schon im ersten Treffen des Vorbereitungskomitees sichtbar geworden, dass der Gegensatz zwischen reichen und armen Ländern sich kaum überbrücken

ließ. Der Vorwurf, die reichen Länder würden die Nachhaltigkeit ihrer Standards zur Abschottung ihrer Märkte missbrauchen, stand im Raum.

In der rund 50 Seiten starken Abschlusserklärung mit der Überschrift „Die Zukunft, die wir wollen“ bekannte sich die Staatengemeinschaft dennoch zum Konzept einer Green Economy, um die natürlichen Ressourcen stärker zu schonen. Außerdem verständigte man sich darauf, bis 2014 universell gültige Nachhaltigkeitsziele (Sustainable Development Goals) auszuarbeiten. Auch sollte das bestehende Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP – UN Environment Programme) gestärkt und aufgewertet werden.⁴

Insgesamt wurden die Ergebnisse des Gipfels eher als Enttäuschung gewertet. Bundeskanzlerin A. MERKEL äußerte sich kritisch, aber auch konstruktiv zum Abschlussdokument:

„Die Ergebnisse von Rio bleiben hinter dem zurück, was in Anbetracht der Ausgangslage notwendig gewesen wäre. Die Europäische Union und Deutschland hatten sich für verbindlichere Aussagen eingesetzt. Aber einmal mehr haben wir gesehen: Wir sind nicht alleine auf der Welt; es ist recht schwierig, bestimmte Dinge durchzusetzen. ... Richtig ist aber auch, dass die Ergebnisse zumindest ein weiterer Schritt in die richtige Richtung sind. Ich will dazu drei Punkte nennen.

Erstens: Die sogenannte Green Economy ... Umweltschonendes Wirtschaften wurde von den Vereinten Nationen als wichtiges Instrument für eine nachhaltige

Entwicklung gewürdigt. Damit erkennt nun die gesamte Staatengemeinschaft an, dass in einem Green-Economy-Konzept, das der jeweiligen Situation eines Landes angepasst ist, große Chancen liegen. Das heißt, Ökonomie und Ökologie werden nicht mehr als Widerspruch, sondern als Einheit wahrgenommen ...

Zweitens: In Rio wurde beschlossen, die bisherige Kommission für nachhaltige Entwicklung abzulösen. Künftig wird es ein hochrangiges politisches Forum für nachhaltige Entwicklung geben. Damit kann das Thema Nachhaltigkeit mehr politisches Gewicht auf der Agenda der Vereinten Nationen erhalten. Es ist uns leider nicht gelungen, das UN-Umweltprogramm UNEP in Nairobi zu einer Sonderorganisation aufzuwerten. Aber wir konnten UNEP durch die Einführung einer universellen Mitgliedschaft und eine bessere Finanzausstattung stärken. ...

Drittens: In Anlehnung an die bisherigen Millennium-Entwicklungsziele sollen nun auch „Sustainable Development Goals“ erarbeitet werden. Damit erhöht sich der politische Handlungsdruck im Sinne von Nachhaltigkeit. Jetzt müssen wir allerdings die Konferenzergebnisse in der Praxis konkretisieren. Denn allein die Feststellung, dass man so etwas will, reicht natürlich nicht aus. ...”

Und schließlich noch a. a. O. das für Europäer nicht überraschende Grundsatzbekenntnis:

„Ein solcher Entwicklungspfad von Gesellschaften begründet

sozusagen eine neue Kultur: die Kultur der Nachhaltigkeit. Diese Kultur der Nachhaltigkeit stellt die Lebensgewohnheiten eines jeden von uns auf den Prüfstand. Das gilt für das Berufsleben genauso wie für das Privatleben.”⁵

Der Vorsitzende des Bundes für Umwelt und Naturschutz (BUND), H. WEIGER, kritisierte dagegen die wenig konkreten Zielvorschläge: „Blumige Absichtserklärungen und ein Aufguss früherer Gipfelbeschlüsse helfen dem globalen Ressourcenschutz nicht.”⁶

Abgesehen von Rio 1992 stellt sich damit die Bilanz der großen Weltkonferenzen als eher durchwachsen dar. Die Teilnahme der Regierungschefs war dem Fortschritt in der Sache wohl eher hinderlich (was im Nachhinein die angekündigte Abwesenheit der deutschen Bundeskanzlerin in Rio 2012 rechtfertigt). Schwierige Detailfragen lassen sich im kleineren Kreis der Fachleute oft besser behandeln, und Kompromisse sind auf diesem Wege häufig eher möglich.

Neben den Weltgipfeln gibt es ein weiteres, auf die Welt-Klima-Probleme gerichtetes Konferenzformat auf der Arbeitsebene: die UN-Klimakonferenz, die seit 1995 regelmäßig tagt und die Klimakonferenzen der WMO abgelöst hat. Auf diese unter dem Kürzel COP geführten Veranstaltungen wird im Kap. 5.1, Klimakonvention und Kyotoprotokoll, einzugehen sein.

4.2 Weltklimarat

Neben WMO, Weltklimakonferenzen, Weltgipfeln, COP, CMP gibt es noch eine weitere internationale Einrichtung, die sich um das Weltklima und seine Stabilisierung kümmert: den IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) als Gremium der Experten.

Der IPCC wurde 1988 von der UN-Umweltorganisation (UNEP) und der WMO gegründet. Seine Aufgabe ist es, die Politik neutral über die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Klimaveränderung und zu möglichen Gegenmaßnahmen zu informieren. 195 Staaten sind Mitglieder des IPCC. Sie benennen jeweils Experten, meist Fachwissenschaftler, die ihre Berichte eigenständig erstellen und als (weitgehend) unabhängig gelten. Das Gremium hat seinen Sitz in Genf und betreibt keine eigene Forschung, sondern wertet eine große Zahl von anerkannten Studien aus und fasst die zentralen Erkenntnisse daraus zusammen. Den breiten wissenschaftlichen Konsens sichern mehrere tausend beim IPCC registrierte Gutachter, die die Berichte kommentieren und natürlich auch kritisieren können (und sollen).

Publizität gewinnt der IPCC regelmäßig durch seine großen Sachstandsberichte, von den bisher nach einem ersten im Jahr 1990 vier weitere im Abstand von 5–6 Jahren erschienen sind. Der bislang letzte ist der Fünfte Sachstandsbericht (AR5) von

2013/14, der als Ergebnis eines fünfjährigen Arbeitsprozesses in drei Bänden vorgelegt wurde. Die Kernergebnisse des ersten, die naturwissenschaftlichen Grundlagen des Klimawandels und künftige Entwicklungen des Klimasystems behandelnden Bandes zeigt die nachstehende Auflistung:¹

Die atmosphärische CO₂-Konzentration liegt heute rund 40 % über vorindustriellem Niveau.

Die Durchschnittstemperatur an der Erdoberfläche stieg zwischen 1880 und 2012 um 0,85 °C.

Auch die Ozeane haben sich deutlich erwärmt.

Die drei Jahrzehnte seit 1980 waren jeweils wärmer als jedes andere Jahrzehnt seit 1850.

Eindeutig der Mensch ist verantwortlich für den größten Teil der Erwärmung zwischen 1951 und 2010.

Mit wenigen Ausnahmen schrumpfen weltweit die Gletscher, und das Tempo beschleunigt sich.

Die Ausdehnung des arktischen Meereises sinkt seit 1979 um durchschnittlich 3,8 % pro Jahrzehnt.

Etwa 30 % des durch menschliche Aktivität freigesetzten CO₂ wurden von den Ozeanen aufgenommen, die deutlich versauern.

Die weltweiten Meeresspiegel werden bis ca. 2100 um etwa 268cm steigen.

Steigt der Treibhausgas-Ausstoß weiter wie bisher, erwärmt sich die Erde bis ca. 2100 um 2,6 bis 4,8 °C.

Der sechste IPCC-Sachstandsbericht als Hauptprodukt des aktuellen Berichtszyklusses (2016–2022) wird 2021/22

veröffentlicht. Daneben kennt der IPCC Sonderberichte, von denen sich der jüngste vom Oktober 2018 auf das Erreichen des 1,5-Grad-Ziels fokussierte.

Die Berichte sind in der Regel etwa 1.500 Seiten stark und durch eine Vielzahl von Mitwirkenden erstellt. Angesichts der Vielzahl zusammengetragener Informationen und der breiten Mitwirkung anerkannter Klimawissenschaftler gelten diese Berichte als der heilige Gral der Klimaforschung – sie geben letztlich den Mainstream vor.

Angesichts des Gewichtes, das dem IPCC und seinen Berichten international zugemessen wird, stellt sich naturgemäß die Frage nach seiner Unabhängigkeit und nach seiner Finanzierung – auch Wissenschaftler geraten in ihrer Abhängigkeit von Fördergeldern gelegentlich in Interessenskonflikte. Abb. 4-1 stellt zunächst die Grundstruktur der Organisation dar. Die leitenden Funktionen werden ehrenamtlich wahrgenommen; dies gilt auch für die Autoren der Berichte des IPCC. Die Autoren wie auch die Vorstände des IPCC werden in der Regel von ihren heimatlichen Instituten für die Mitarbeit bei IPCC freigestellt, ihnen werden jedoch Reisekosten erstattet. Die Geschäftsstellen der Arbeitsgruppen und das Datenzentrum werden von den Ländern finanziert, die sie beherbergen; hauptsächlich sind dies die Industrieländer.²

4-1:

Organisation des IPPC. Grau: Beteiligte Regierungen mit entsandten Fachleuten, grün: Wissenschaftler, blau: unterstützende Organisationen; Quelle: IPPC

Um auch die Reisen von Fachleuten aus Entwicklungsländern zu finanzieren, stehen Mittel aus einem jährlich etwa 7 Mio. € umfassenden Treuhandfonds zur Verfügung, der sich aus freiwilligen Beiträgen der Industrieländer speist und der auch die Veröffentlichung und Übersetzung von IPCC-Berichten finanziert. Bis zum Jahr 2017 beteiligten sich hier die USA mit fast 45 % des jährlichen Aufkommens; nach ihrem Austritt übernahm die EU diesen Anteil, um die Weiterarbeit des IPPC zu ermöglichen. Zur Wirklichkeit gehört allerdings auch, dass 80 % der Mitgliedstaaten keine Beiträge leisten.

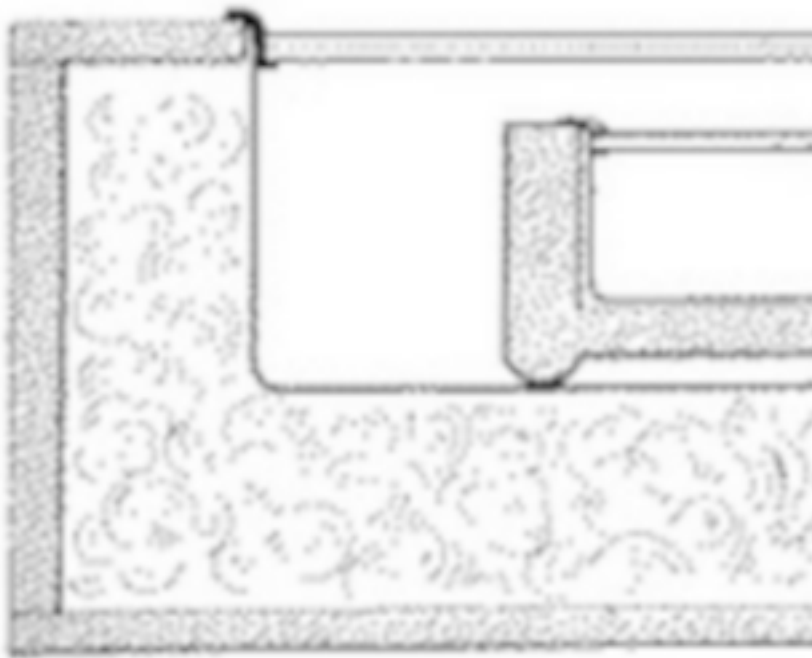
Die Seriosität der Beiträge und Schlussfolgerungen wird durch ein mehrstufiges Peer-Review-Verfahren sichergestellt. Da die anthropogene Klimaänderung eine große Herausforderung ist, die alle Nationen der Erde dauerhaft dazu zwingt, weitreichende Entscheidungen über den Umgang mit diesem Problem zu treffen, blieb Kritik nicht aus. Massive Interventionen versuchten, die Klimawissenschaft und den IPCC in Misskredit zu bringen. Als Reaktion hierauf beauftragten die Vereinten Nationen und der IPCC das internationale Netzwerk von Wissenschaftsakademien (den Inter Academy Council IAC), eine Kommission zur Überprüfung der Prozesse und Verfahren des IPCC einzuberufen.

Insgesamt hat die Kommission den Assessment-Prozess des IPCC – die Aufarbeitung des wissenschaftlichen Sachstandes – als korrekt und erfolgreich bewertet.³ Die Hauptempfehlungen der Kommission betrafen Verbesserungen im Management, im Review-Prozess, in der Beschreibung von Unsicherheiten⁴ sowie die Kommunikation und die Transparenz im Assessment-Prozess – Details also, die nicht die Kernbefunde in Zweifel zogen.

5 Klimadiskussion: Treibhausgase

Hintergrund für die in Kap. 4, Wahrnehmung und Beginn einer Klimapolitik, beschriebenen Entwicklungen war das zunehmende Wissen um das Klima. Bereits im 19. Jahrhundert untersuchten und erkannten Wissenschaftler verschiedene, auf das Klima einwirkende Faktoren. J.-B. FOURIER kam im Jahr 1824 in seinem Aufsatz „Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires“ zu dem Schluss, dass die solare Einstrahlung verantwortlich zu machen sei für die Temperatur der Erdoberfläche.¹ Und er formulierte hier den entscheidenden Satz: „c'est ainsi que la temperature est augmentée par l'interposition de l'atmosphère, parce que la chaleur trouve moins d'obstacle pour pénétrer l'air, étant à l'état de lumière, qu'elle n'en trouve pour repasser dans l'air lorsqu'elle est convertie en chaleur obscure.“² In freier Übersetzung: Ein Teil der eingestrahnten Energie bleibt aufgrund der Eigenschaften der Atmosphäre als Wärme gespeichert.

Warum das so ist, wurde erst später verstanden, aber dass es so ist, war FOURRIER, der sich für seine Messungen auch des vom Schweizer Physiker H.-B. DE SAUSSURE schon 1774 gebauten „Héliothermomètre“ bediente, bewusst. DE SAUSSURE hatte bereits herausgefunden, dass sich Luft unter Glasabdeckung stark aufheizte, wenn er seine „Boite chaude“ (Abb. 5-1) dem Sonnenlicht aussetzte.



5-1:

„Héliothermomètre” des H.-B. de Saussure von 1774, Prinzipskizze; Quelle: G. Hoffmann, IMAU – University Utrecht

Danach muss man also unterscheiden: der physikalische Treibhauseffekt geht auf DE SAUSSURE und das 18. Jh. zurück, während die Auffindung des atmosphärischen Treibhauseffektes wohl FOURRIER und damit dem frühen 19. Jh. zuzuordnen ist.

Der Ire J. TYNDALL machte in den Jahren 1859–1863 den nächsten Schritt³, indem er die Absorptionseigenschaften der atmosphärischen Gase näher beschrieb bzw. experimentell ermittelte. Er benutzte hierfür ein selbstgebautes Spektralphotometer und fand große Unterschiede bei den untersuchten Gasen: Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff waren praktisch transparent, während Wasserdampf, „carbonic acid“ (= Kohlensäure, CO_2) und Ozon stark absorbierten, vor allem im infraroten Bereich (Wärmestrahlung).⁴ Den Wasserdampfgehalt der Atmosphäre sah er für das Temperaturgleichgewicht als maßgeblich an, noch vor CO_2 . Später weitete er seine Ergebnisse auch zu Spekulationen über Klimaänderungen aus.

Drei Jahrzehnte später griff der schwedische Chemiker und spätere Nobelpreisträger S. ARRHENIUS die Frage nach der Klimawirksamkeit des Gases CO_2 auf. Er war wohl der erste Wissenschaftler, der quantitative Antworten auf die Frage diskutierte, wie sich eine Veränderung des CO_2 -Gehaltes infolge der Verbrennung fossiler Energie auf das Klima auswirken könnte. Zunächst am noch ungelösten Problem des Entstehens und Vergehens von Eiszeiten interessiert, kam er bei einer angenommenen Halbierung des atmosphärischen Kohlendioxids auf eine Temperaturerniedrigung von 4–5 °C in Europa.

Mit der Annahme einer Verdopplung des CO_2 -Gehaltes, vielen weiteren Annahmen und Abschätzungen kam er in seiner Veröffentlichung „On the influence of carbonic acid in the air

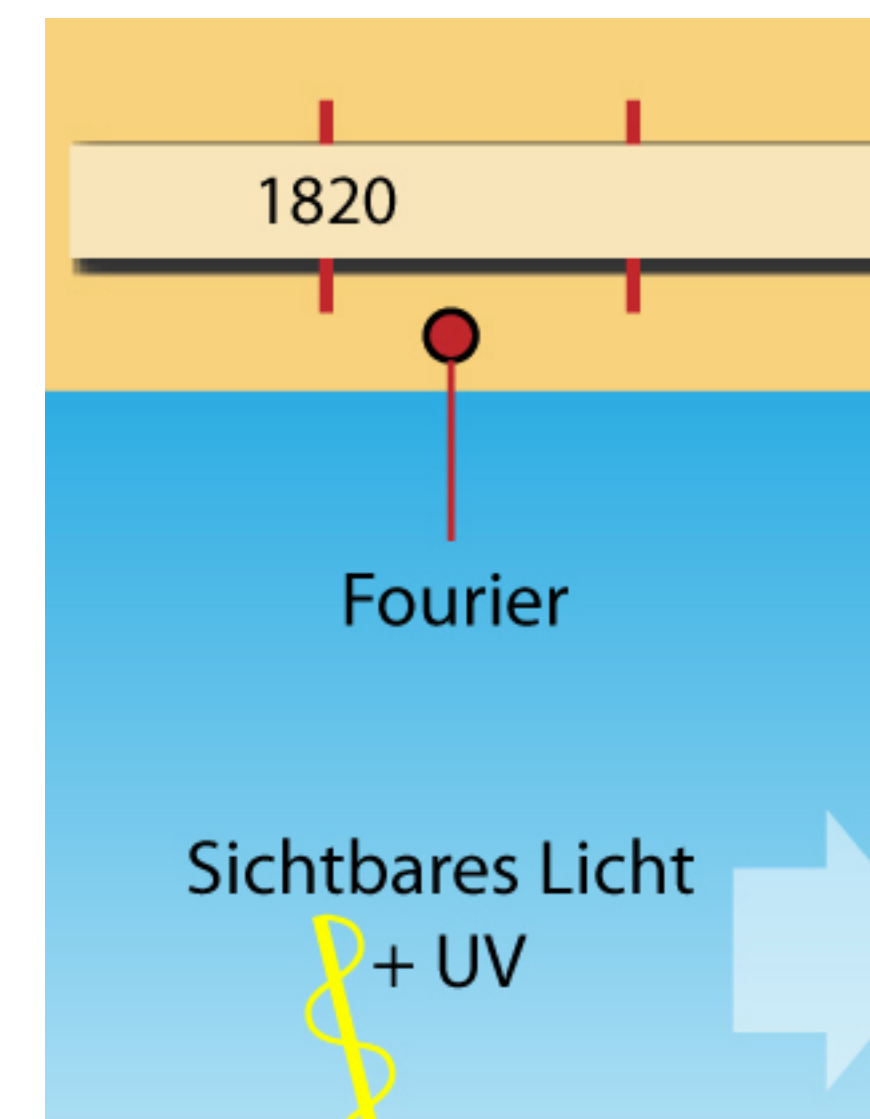
upon the temperature of the ground“ von 1896 schließlich dann zum Ergebnis einer Temperaturerhöhung von 4–6 °C.⁵ Im kalten Skandinavien hatte man allerdings wenig Angst vor höheren Temperaturen und war optimistisch: „Der Menschheit wird es zweifellos gelingen, dieses Problem zu lösen.“ (ARRHENIUS).

Die Ergebnisse stießen im frühen 20. Jahrhundert auf viele Einwände; einer der Skeptiker war der Physiker K. ÅNGSTRÖM, der nach Labormessungen mit veränderlichen CO₂-Konzentrationen nur sehr kleine Veränderungen fand und zu dem Schluss kam, dass die Absorptionsbänder des Kohlendioxids, in denen Wärmestrahlung absorbiert wird, schnell gesättigt waren – also sozusagen verstopften, wodurch die Absorption ihr Ende fand.

ARRHENIUS und andere kritisierten zwar die Messungen ÅNGSTRÖMS, jedoch blieb es dann in der Wissenschaft common sense, dass er, ARRHENIUS, falsch gelegen hatte.

So geriet die CO₂-Hypothese für die nächsten Jahrzehnte praktisch in Vergessenheit.⁶ Zur Gesamtschau gibt Abb. 5-2 eine Zeitleiste der bis ca. 1930 angewachsenen Kenntnisse.

Anfang der 1930er Jahre gewannen der Treibhauseffekt und seine möglichen Folgen wieder neue Aufmerksamkeit. Im Jahre 1931 widerlegte der US-Physiker E. O. HULBURT die Findungen ÅNGSTRÖMS und betonte die Klimarelevanz des atmosphärischen Kohlendioxids.



The diagram shows a horizontal light beam passing through a diffraction grating. The grating is represented by a light yellow bar with a dark horizontal line through its center. Two red vertical tick marks are on the top and bottom of the bar, with the number '1820' centered between them. Below the grating, a red dot is connected to the text 'Fourier' by a vertical red line. The background is split horizontally: yellow on top and light blue on bottom. At the bottom, the text 'Sichtbares Licht + UV' is next to a yellow wavy line, with a large light blue arrow pointing to the right.

1820

Fourier

Sichtbares Licht

+ UV

5-2:

Zeitleiste zur Auffindung des atmosphärischen Treibhauseffektes, bis ca. 1930; Quelle: Grafik jg in J. Mason, Zwei Jahrhunderte Klimageschichte, Teil 1

Sieben Jahre später war es der Engländer G. CALLENDER, der die Problematik wieder aufgriff. Er war eigentlich Ingenieur, hatte aber ein Faible für Meteorologie und war in Thermodynamik geschult. Sein Ausgangspunkt waren Temperaturaufzeichnungen der letzten 50 Jahre von 200 meteorologischen Stationen, aus denen er eine statistisch signifikante Temperaturerhöhung ermitteln konnte, s. Abb. 5-3.

1880

+

—

5-3:

Die von Callendar ermittelten Temperaturkurven, seinerzeit die besten verfügbaren Daten; sie zeigen einen weltweiten Anstieg von den 1880er Jahren bis zur Mitte der 1930er; Quelle: Quarterly J. Royal Meteorological Society 64, S.223 (1938).

Für den Anstieg der CO₂-Konzentration fand er eine Rate von 10 % im untersuchten Zeitraum. Zum ersten Male gab es damit einen durch Messwerte belegten statistischen Zusammenhang. Hierauf gestützt, ergaben seine Berechnungen für die Verdopplung der aktuellen CO₂-Konzentration einem Temperaturanstieg von 2 °C. Seine Veröffentlichung von 1938 beeindruckte den deutschen Meteorologen H. FLOHN, der fortan die Klimaproblematik in aller Welt ansprach.⁸

FLOHN selbst ging in seiner Habilitationsvorlesung in Würzburg 1941 auf das Thema ein und erörterte die Möglichkeit einer Großklimaänderung durch das CO₂.⁹

Er versuchte nach dem Krieg das Thema auf nationalen und internationalen Tagungen unterzubringen, ohne auf großes Interesse zu stoßen, wie er selbst in seinen Erinnerungen sagt. „Aktuell wurde das CO₂-Klima-Problem erst wieder 1956, als G. N. PLASS, ein amerikanischer Autor, ein Modell über die Erwärmung durch CO₂ veröffentlicht hatte“ (FLOHN).¹⁰

Inzwischen standen Computer zur Verfügung, wenn auch mit begrenzter Rechenleistung. G. PLASS machte sich das für sein Modell zunutze und konnte so zeigen, dass eine höhere Kohlendioxid-Konzentration die Erde aufheizen würde. Konkret

errechnete er eine Erwärmung zwischen 3 und 4 °C bei einer Verdopplung der CO₂-Konzentration.

Bei den noch geringen Emissionsraten Mitte der 1950er Jahre hätte dies einen Temperaturanstieg von ungefähr 1,1 °C pro Jahrhundert zur Folge gehabt. Immer noch fanden sich Skeptiker, von denen die einen bemängelten, dass Wasserdampf und Bewölkung in PLASS' Modell keine Rolle spielten, während andere die CO₂-Aufnahmefähigkeit der Ozeane als natürliches Korrektiv sahen.

Das zweite Argument war verbreitet, bis der Amerikaner R. REVELLE 1953 fand, dass die Meerwasser wegen eines leicht basischen Zustandes in ihrer Aufnahmefähigkeit eng begrenzt sind. REVELLE wertete ¹⁴C-Messungen an Eiskernen aus und errechnete hieraus den Anteil des atmosphärischen CO₂, der sich tatsächlich im Meer löste. Er kam auf nur 20 %. Seine Schlussfolgerung war daraufhin, dass ein Anstieg des atmosphärischen CO₂ von etwa 40 % in den folgenden Jahrhunderten möglich wäre.

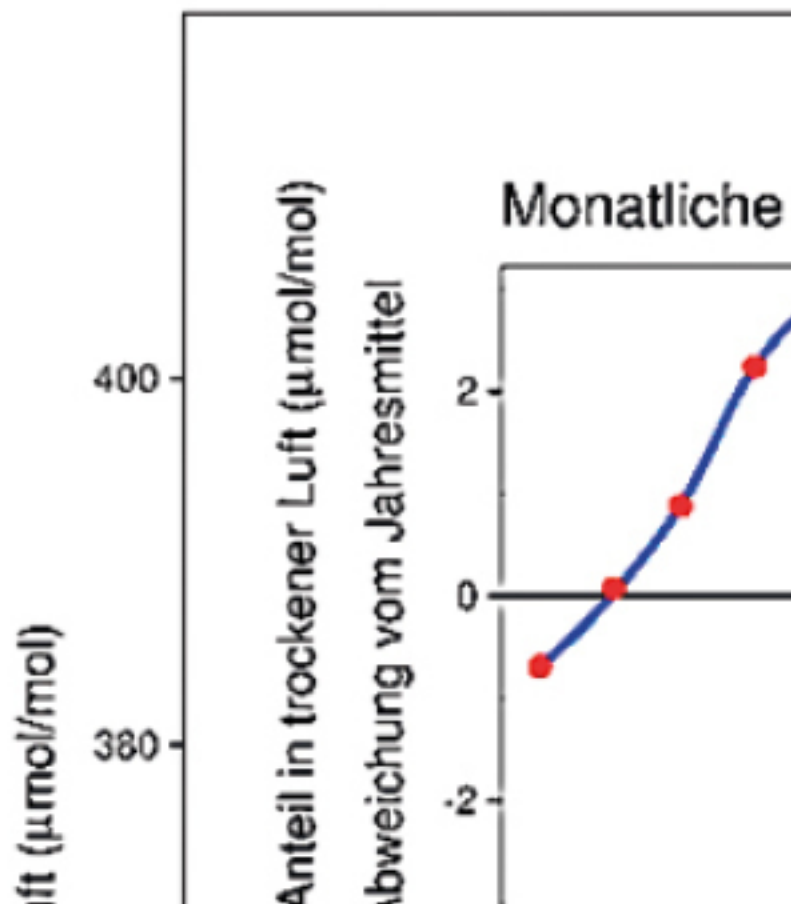
Die zwei schwedischen Meteorologen B. BOLIN und E. ERIKSON fanden parallel hierzu heraus, dass die Zeiträume eine große Rolle spielen und die Vermischung in die Tiefe sich über hunderte bis tausende von Jahren vollzieht. Wie es sich um die CO₂-Konzentration verhielt, konnten nur Messungen über größere Zeiträume zeigen. Messungen an Stationen in Skandinavien misslangen – sie waren vom Rauschen überlagert.

In Kalifornien war es CH. D. KEELING jedoch gelungen, eine rauschfreie Messtechnik zu entwickeln. REVELLE und SUESS holten ihn zu ihrer Scripps Institution of Oceanography und verschafften ihm einen Etat¹¹. Eine geeignete Messstelle wurde am Mona Loa auf Hawaii gefunden, und KEELING begann seine Messungen, die zunächst auf die Ermittlung einer Referenzkonzentration abzielten.

1958 war KEELING damit fertig, und zwei Jahre später konnte er mitteilen, dass in der Tat die Konzentration anstieg, und auch noch mit Steigerungsraten, die mit den von REVELLE errechneten Werten übereinstimmte. Die Messungen am Mona Loa werden bis in die Gegenwart fortgesetzt. Der sich ergebende Kurvenverlauf ist heute unter dem Begriff Keeling-Kurve bekannt und in der Grafik der Abb. 5-4 wiedergegeben.

Die Keeling-Kurve stellt unter Beweis, dass und wie die CO₂-Konzentration ansteigt. Dies ist ihre einzige, jedoch überaus bedeutsame Aussage. Über die Erdtemperatur, das Meeresspiegelniveau und andere zivilisatorisch relevante Parameter und insbesondere deren weitere Entwicklung sind aus der Keeling-Kurve allein keine Aussagen möglich – hierzu bedarf es weiterer Nachweise, wie sie heute in den sogenannten Klimamodellen geliefert werden.

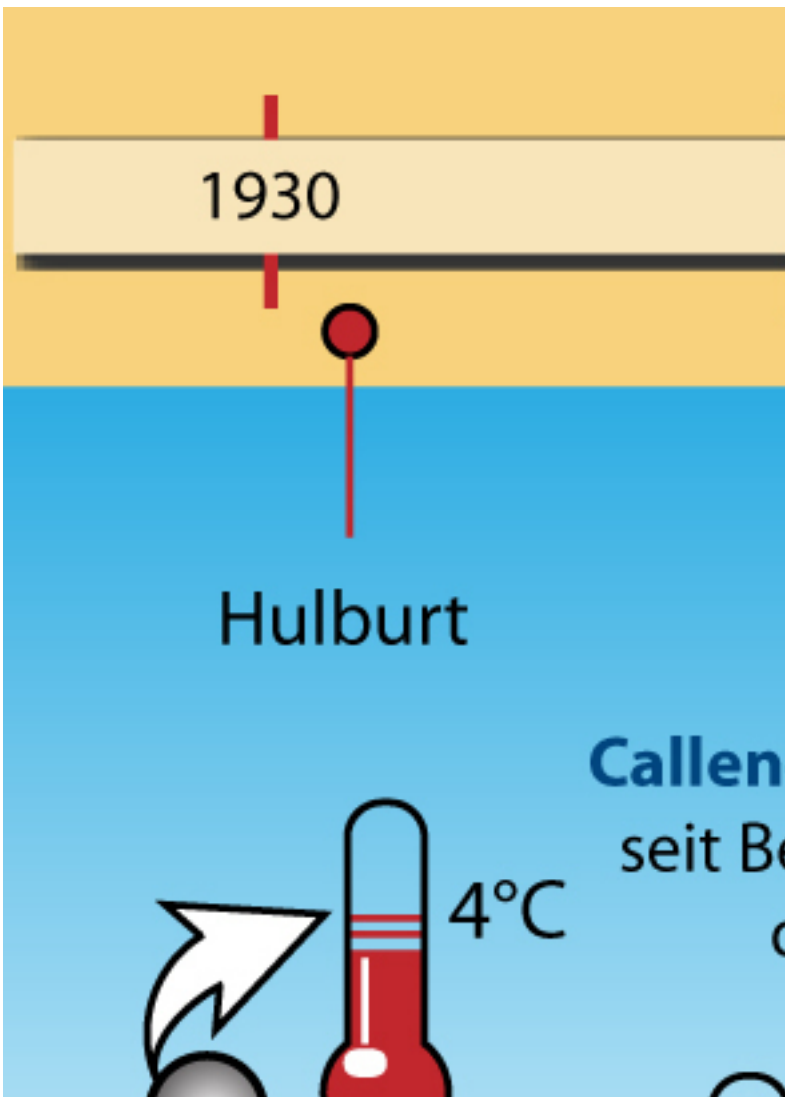
Monatliche durchschnittliche CO₂-Konzentration Mauna Loa 1958 - 2019



5-4:

links die KEELING-Kurve, fortgeführt bis in die Gegenwart;
Quelle: Scripps CO₂-Programm; rechts Charles Keeling bei
der Verleihung der National Medal of Science durch Präsident
George W. Bush; Quelle: National Science Foundation

Über die bis zu KEELING erreichten Fortschritte in der
Atmosphärenforschung gibt die Zeitleiste der Abb. 5-5 in der
Zusammenfassung Auskunft.



The diagram features a horizontal timeline at the top with a yellow background. A central point on the timeline is labeled '1930' in black text. Red vertical tick marks are positioned at the center and at both ends of the timeline. Below the timeline, a red dot is connected to the '1930' mark by a thin red vertical line. This line extends downwards into a light blue rectangular area representing water. The word 'Hulburt' is written in black text below the red dot. In the bottom right corner, the text 'Callend' is visible in blue, followed by 'seit Beg' and 'da' in black. At the bottom center, there is a thermometer with a red bulb and a white scale. A white arrow points from the left towards the thermometer. The thermometer shows a red liquid level corresponding to the 4°C mark on its scale.

1930

Hulburt

Callend

seit Beg
da

4°C

5-5:

Zeitleiste zur Atmosphärenforschung 1930–1960; Quelle:
Grafik jg in J. Mason, Zwei Jahrhunderte Klimageschichte, Teil
2

Die Jahre nach 1970 waren in der Klimaforschung vor allem
fünf Gebieten gewidmet:

Dem Nachweis der anthropogenen Herkunft des CO₂-
Anstiegs,

der Gewinnung einer verlässlichen Datengrundlage
in den zivilisationsrelevanten Klimaparametern wie
Temperatur und Meeresspiegel, Eisbedeckung, Sättigung
der Meere,

der Rückschau in die tiefe Vergangenheit der
Klimageschichte der Erde,

ein tieferes Verständnis der klimarelevanten
Bestandteile der Atmosphäre, nicht nur von CO₂,

der Simulation der Zukunft mit immer komplexeren
Klimamodellen.

Da die von KEELING gemessenen Steigerungsraten ziemlich
genau den durch Verbrennung fossiler Brennstoffe erwarteten
Werten entsprach, wurde schnell unterstellt, dass der Anstieg auf
die Tätigkeit und Wirtschaftsweise des Menschen zurückgeführt
werden kann, also anthropogen ist. Dass dies nicht nur ein
statistischer Zusammenhang ist, wurde auf folgende Weise
nachweisbar:

Berechnung der freigesetzten Mengen aus nationalen
Statistiken,

Ermittlung des aus Verbrennung stammenden CO₂-Anteils aus dem Isotopenverhältnis und

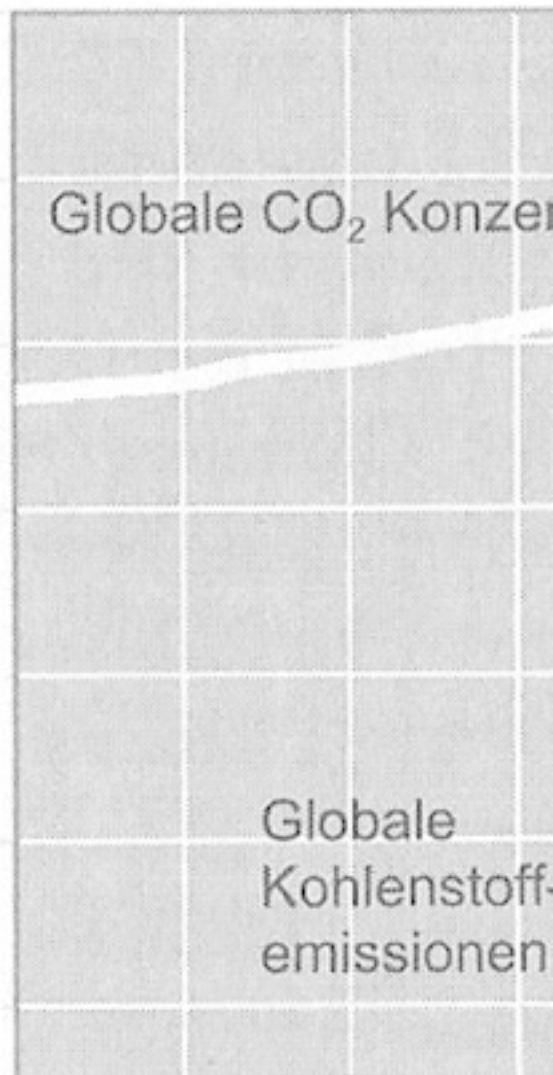
Hinzunahme der O₂-Konzentration als Indikator für Verbrennung / Vulkaneruptionen¹²

Abb. 5-6 zeigt in der Tat, dass sich die anthropogenen CO₂-Emissionen aus Verbrennung und die atmosphärische CO₂-Konzentration im Gleichlauf bewegen.

Systematische Temperaturmessungen im heutigen Sinn wurden erst seit den 80er Jahren des 19. Jahrhunderts durchgeführt (Deutschland 1881). Echte Messungen waren erst seit G. GALILEI zuverlässig möglich, der mit seinem Thermoskop ein erstes Thermometer baute; G. F. SAGREDO fügte eine Skala hinzu und soll am 12. Juli 1613 mit systematischen Messungen begonnen haben – sie gelten als die erste Aufzeichnung von Wettertemperaturdaten. Für die Jahrhunderte davor gibt es einzelne Klimaberichte oder -erwähnungen in historischen Dokumenten.

Weltweite Kohlenstoffemissionen
in Mrd. t pro Jahr

8
7
6
5
4
3
2

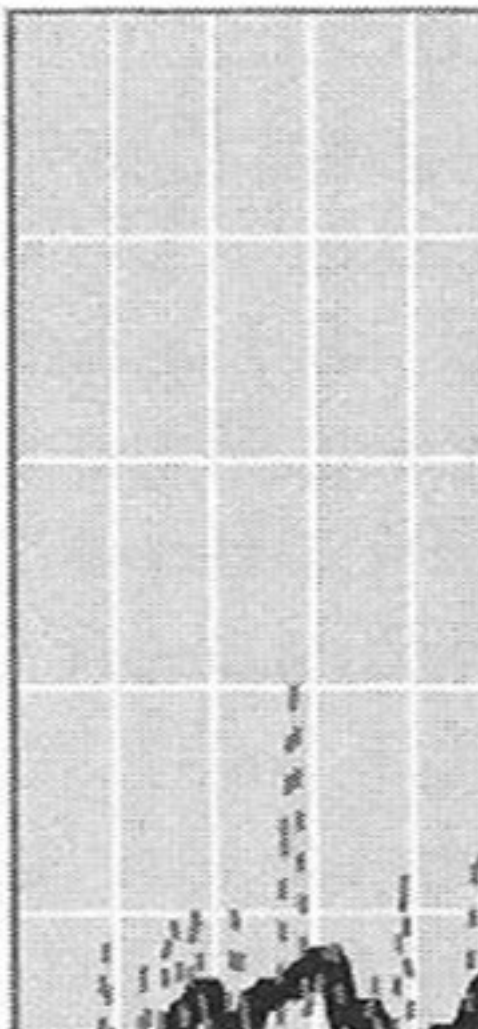


5-6:

Jährliche globale Kohlenstoffemissionen aus fossilen Brennstoffen und Zementherstellung gegen Werte in der Atmosphäre; Quelle: u.a. Keeling und Whorf 1999; WI 2000b

Temperaturabweichung in °C

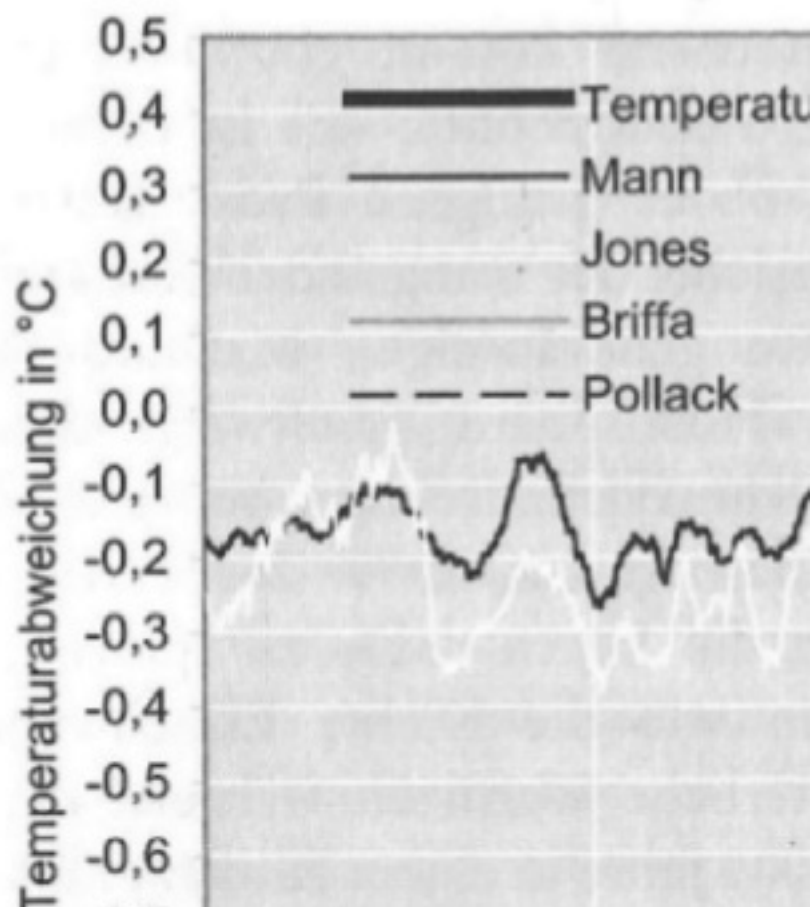
0,6
0,4
0,2
0,0
-0,2



5-7:

Die reale „Fieberkurve“ der Erde, nördliche Halbkugel, gewichteter Durchschnitt Land-Luft-Meer; die gestrichelte Kurve verbindet (korrigierte) Messungen, die dick ausgezogene ist ein gleitendes 9-Jahresmittel, das die Tendenzen deutlicher macht, genormt auf den Mittelwert 1961–1990; Quelle: Jones u.a. 2000, 2001

Anmerkung: Die absolute Temperatur erhält man durch Addition von 14,0 °C



5-8:

Temperaturen der letzten 1000 Jahre, nördliche Halbkugel, nach verschiedenen Autoren und Recherchetechniken (Baumjahresringe, Bohrkerne etc.); man vergleiche die Daten der Abb. 4-3; Quelle: Mann u.a. 1999, Jones u.a. 1998, 2000, 2001, Briffa u.a.1998, Huang u.a. 2000, Pollack u. Huang 2001

Für weiter zurückliegende Zeiten halfen die Analyse von Baumringen oder Fluss-Sedimenten, und vor allem die die Analyse von Bohrkernen im Eis der Antarktis. Über was man gesichert verfügt, zeigen Abb. 5-7 und Abb. 5-8.

Die Veränderung des Meeresspiegels lässt sich seit ca. 1995 recht einfach über Satellitenmessungen beobachten; mit der Ergänzung aus Tidenmessungen in früheren Jahren ergibt sich auch hier ein zunächst nur statistisch gesicherter Anstieg, s. Abb. 5-9. Er wird durch die zunehmende Schmelze des polaren Eises erklärt.

1971 wurde durch die Untersuchungen von S. I. RASOOL und S. H. SCHNEIDER¹³ klar, dass es auch Gegenspieler für das CO₂ gibt: Aerosole in der Atmosphäre sorgen für Abkühlung und kupieren damit den Temperaturanstieg, was der renommierte R. BRYSON 1974 unterstützte. Sogar eine neue Eiszeit durch Aerosole schien vorstellbar.

Ihre Ergebnisse spielten auch eine Rolle, als es 2013 darum ging, die durch Messergebnisse belegte Pause im Temperaturanstieg zwischen 1998 and 2012 („Hiatus“) zu erklären. Das Intermezzo, das zu vielen Spekulationen Anlass

gab, wurde schließlich offiziell mit der Kurzformel zu Ende gebracht:

„Heating is still going on. It's just not in terms of the surface air temperature.”¹⁴

Se

6

$\hat{F}$

4

5-9:

Veränderung des Meeresspiegels. Daten der Tidemesser sind in rot und Satellitenmessungen in blau dargestellt. Die graue Fläche zeigt die Projektionen des dritten Sachstandberichts des IPCC; Quelle: Copenhagen Diagnosis 2009

Klimamodelle entstanden aus Modellen für die Wettervorhersage, die ab etwa 1940 bekannt wurden. Die Modellierung der Atmosphäre hat damit eine lange Tradition; sie lässt sich in ihrer Aussagefähigkeit so beschreiben: „Ein Klimamodell ist, wie jedes mathematische Modell von Naturvorgängen, eine Vereinfachung. Der Grad der Vereinfachung bestimmt die Komplexität des Modells und ist maßgebend, ob dieses Modell für die vorliegende Fragestellung überhaupt verwendet werden kann. Die Komplexität eines gewählten Modells legt somit die Grenzen des Einsatzes fest. Diese Grenzen zu bestimmen, erfordert gewisse Erfahrung, da es keine objektiven Regeln oder Gesetze gibt.“¹⁵

Die Klimamodelle wuchsen mit den Möglichkeiten der Rechentechnik. In den 1940er und 1950er Jahren stand hierfür der erste elektronische Computer (ENIAC, Electronic Numerical Integrator and Computer) im Auftrag der US Army in Princeton zur Verfügung. Ab 1980 waren die ersten PC der IBM im Einsatz, deren gewachsene Rechenleistung heute für einfache Modelle durchaus ausreicht.

Die Modelle selbst wurden immer komplexer und durchliefen verschiedene Stadien der Integration, s. Abb. 5-10. Seit 1990

sind die Klimamodelle vollständiger geworden. Der Kohlenstoff- und andere Stoffkreisläufe, die Dynamik der Vegetationstypen sowie die Chemie der Atmosphäre gehören zu den Prozessen, die jüngst in die bestehenden und zunächst physikalischen Zirkulationsmodelle integriert werden konnten.

Was die sog. Erd-Modelle leisten müssen, illustriert Abb. 5-11. Und was solche Klimamodelle dann schließlich ergeben, zeigt Abb. 5-12 an einem Beispiel aus dem Jahr 2013, in dem beobachtete und simulierte Klimainformationen miteinander verglichen werden.

Atmosphere

Land
Surface

Ocean &
Sea Ice

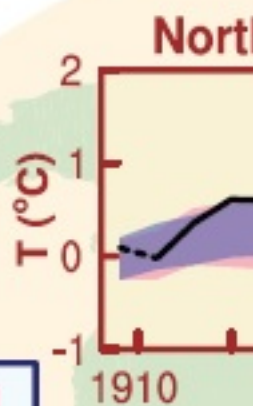
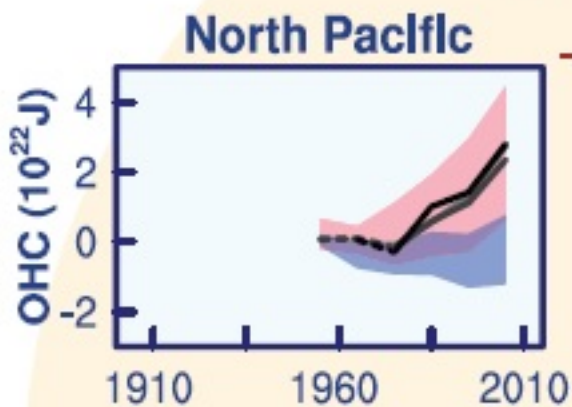
5-10:

Chronologie der Klimamodellentwicklung. Die Berücksichtigung verschiedener neuer Komponenten (Kohlenstoffkreislauf, Vegetation, und Atomsphärenchemie) führt zu einer drastischen Erhöhung der Komplexität und der benötigten Computerressourcen; Quelle: globalchange.govreportappendices



5-11:

Komplexes Erdsystemmodell MPI-ESM mit Uvic-Modell als Emulator; Quelle DFG-MPI f. Meteorologie-GEOMAR



5-12:

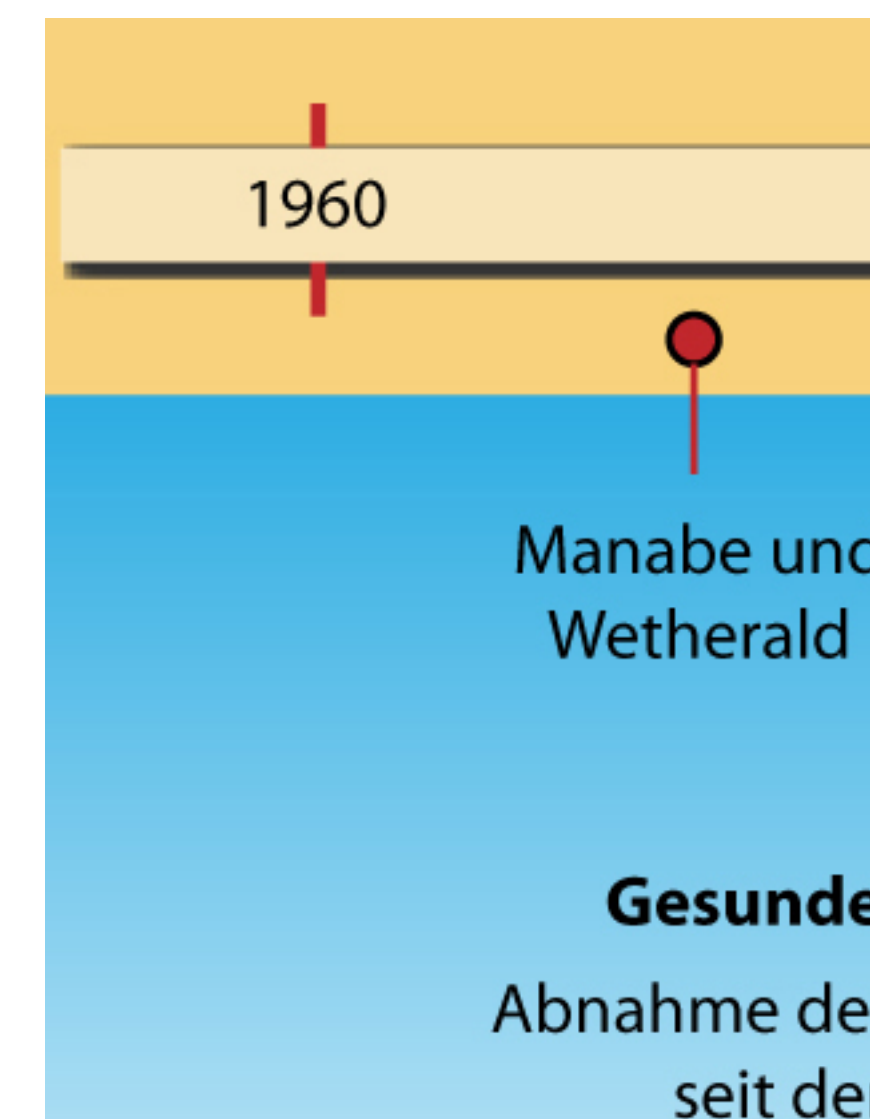
Vergleich des beobachteten und simulierten Klimawandels basierend auf drei großräumigen Indikatoren in der Atmosphäre, der Kryosphäre und dem Ozean:

Änderungen der kontinentalen Landoberflächentemperaturen (gelb unterlegte Boxen), der Ausdehnung des arktischen und antarktischen Meereises jeweils im September (weiße Boxen mit schwarzem Rahmen) sowie des Wärmegehalts der oberen Ozeanschicht in den großen Ozeanbecken (weiße Boxen mit blauem Rahmen). Die mittleren globalen Änderungen sind ebenfalls dargestellt (die drei Diagramme in der unteren Reihe). Alle Zeitreihen sind Zehn-Jahres-Mittel, welche in der Mitte des Jahrzehnts markiert sind. Die schwarze Linie zeigt jeweils real beobachtete Temperaturen, die rot schraffierten Flächen die Ergebnisse jener Klimamodelle, die natürliche und menschliche Faktoren berücksichtigen – die Übereinstimmung ist augenfällig.
Quelle: IPCC 2013, WG1, Figure SPM.6

Den Überblick über die Entwicklung seit den 1970er Jahren vermittelt Abb. 5-13. Fasst man das Ergebnis knapp zusammen, so ist festzustellen, dass wir in der Gegenwart in einem deutlich wärmeren Erdklima leben als in den letzten 1000 Jahren und die Erdoberflächentemperatur weiter zunimmt. Und da der sog. Atmosphärische Treibhauseffekt, verursacht u.a. durch CO_2 , als real unterstellt werden kann, werden wir mit weiter zunehmender CO_2 -Produktion

den Treibhauseffekt verstärken,

und zur weiteren Erwärmung des Erdklimas und den daraus folgenden Veränderungen beitragen.



1960

Manabe und
Wetherald

Gesunde

Abnahme de
seit de

5-13:

Zeitleiste zur Atmosphärenforschung 1960–2010; Quelle: Grafik jg in J. Mason, Zwei Jahrhunderte Klimageschichte, Teil 3

Die Frage ist allerdings immer noch, wie groß die Erwärmung tatsächlich ausfallen wird und ob es hierfür eine kritische Grenze gibt, bei deren Überschreiten sich kein neues Gleichgewicht ergeben, das System also „kippen“ würde. Die Frage ist auch, welche Folgen und Folgekosten das haben wird. Es schließen sich weitere Fragen an: Können wir etwas tun, um den Temperaturanstieg zu begrenzen? Und was wäre das, wie schnell kann das gehen, und was würde das kosten?

5.1 Klimakonvention und Kyoto-Protokoll

Für den Klimaschutz war die auch als erster Weltgipfel bekannte UN-Konferenz von Rio 1992 ein Meilenstein, s. Kap. 4, Wahrnehmung und Beginn einer Klimapolitik. Dort wurde die sogenannte Klimarahmenkonvention verabschiedet, deren Ziel es ist, eine gefährliche anthropogene – also eine vom Menschen verursachte – Störung des Klimasystems zu verhindern. Im Originaltext der UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) heißt es: „Das Endziel dieses Übereinkommens und aller damit zusammenhängenden Rechtsinstrumente, welche die Konferenz der Vertragsparteien beschließt, ist es, in Übereinstimmung mit den einschlägigen Bestimmungen des Übereinkommens die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau zu erreichen, auf dem eine gefährliche anthropogene Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraums erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaänderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.“¹

Die Klimakonvention wurde parallel zum Weltgipfel vorbereitet und von 159 Regierungen in Rio unterzeichnet. Nur wenige Staaten blieben außen vor: die USA, die ihre nationale Wirtschaft schützen wollten, und einige der OPEC-Staaten. Da noch die jeweils nationale Ratifizierung einzuholen war, konnte sie nicht umgehend rechtsverbindlich werden. Dies geschah erst 2 Jahre später, am 21. März 1994, nachdem 50 Staaten die Konvention offiziell verabschiedet hatten.

Die Klimarahmenkonvention war nicht das einzige Ergebnis von Rio 1992: Daneben wurde auch eine Walddeklaration als Grundsatzerklärung verabschiedet, die Leitsätze für die Bewirtschaftung, Erhaltung und nachhaltige Entwicklung der Wälder der Erde aufstellte. Gemäß dieser eher unverbindlichen Absichtserklärung sollten Wälder nach ökologischen Maßstäben genutzt, erhalten und geschützt werden.

Zur Überwachung der Umsetzung der UN-Klimaschutz-Konvention fanden (und finden) seit 1994 jährliche Konferenzen der Vertragsstaaten der Konvention statt (Conference of the Parties – COP), oft auch und auch etwas irreführend als Weltklimakonferenzen bezeichnet:

1995: Berlin (COP 1)

1996: Genf (COP 2)

1997: Kyoto (COP 3)

1998: Buenos Aires (COP 4)

1999: Bonn (COP 5)

2000/2001: Den Haag (COP 6) und Bonn (COP 6-2)

2001: Marrakesch (COP 7)
2002: Neu-Delhi (COP 8)
2003: Mailand (COP 9)
2004: Buenos Aires (COP 10)
2005: Montreal (COP 11/CMP 1)
2006: Nairobi (COP 12/CMP 2)
2007: Bali (COP 13/CMP 3)
2008: Posen (COP 14/CMP 4)
2009: Kopenhagen (COP 15/CMP 5)
2010: Cancún (COP 16/CMP 6)
2011: Durban (COP 17/CMP 7)
2012: Doha (COP 18/CMP 8)
2013: Warschau (COP 19/CMP 9)
2014: Lima (COP 20/CMP 10)
2015: Paris (COP 21/CMP 11)
2016: Marrakesch (COP 22/CMP 12/CMA 1-1)
2017: Bonn (COP 23/CMP 13/CMA 1-2)
2018: Katowice (COP 24/CMP 14/CMA 1-3)
2019: Madrid (COP 25/CMP 15/CMA 2)
2020: Glasgow (COP 26/CMP 16/CAM 3), vertagt

Sie wurden und werden von weiteren Begleitkonferenzen bzw. Verhandlungsgesprächen der Vertragsstaaten begleitet. Wichtiges Ziel der COP war und ist die quantitative Umsetzung der Konvention von Rio.

Hier ragt COP 3 heraus, veranstaltet vom 1.–10. Dezember 1997 in Kyoto, Japan. Das sog. Kyoto-Protokoll, 1997 in der Konferenz angenommen, trat 2005 in Kraft.

Es verpflichtete die beteiligten Staaten, den Ausstoß

klimaschädlicher Gase nach quantitativen Vorgaben zu senken.

Treibhausgas- in Mio. t*



China



USA



Indien

Kyoto-Ziele auf dem Prüfstand: Emissionen 2007, Veränderung in % seit 1990, Kyoto-Ziel in %, in Auswahl; Quelle: UNFCCC u. a.

Das Kyoto-Protokoll sah sogenannte Verpflichtungsperioden vor, als erste die von 2008 bis 2012. Für diesen Zeitraum verpflichteten sich die Unterzeichner, ihre Treibhausgasemissionen um insgesamt 5,2 % gegenüber dem Stand von 1990 zu senken. Die Europäische Union, die sich als Vorreiter empfand, ging darüber mit 8 % hinaus. Dieses Gesamtziel wurde im EU-internen Lastenteilungsverfahren unter den damalig 15 EU-Mitgliedsstaaten aufgeteilt. Deutschland hat sich in diesem Rahmen verpflichtet, insgesamt 21 % weniger klimaschädliche Gase zu produzieren.² Abb. 5-14 zeigt die quantitativ vereinbarten Minderungsziele für die EU 15 (und den im Jahr 2004 erreichten Stand).

Das Kyoto-Protokoll und seine Umsetzungsregeln von Marrakesch (COP 7) sind am 16. Februar 2005 in Kraft getreten. Dazu mussten 55 Staaten das Protokoll ratifiziert haben, die 1990 für mindestens 55 % der Emissionen der Industriestaaten verantwortlich waren. Inzwischen haben 191 Staaten und die EU als regionale Wirtschaftsorganisation das Protokoll ratifiziert. Die USA haben das Protokoll als einziges Industrieland nicht ratifiziert.³

Das Kyoto-Protokoll enthält neben der Minderung zuhause die Möglichkeit, die Verpflichtung auch im Ausland über

sogenannte „Flexible Mechanismen“ zu erfüllen. Dahinter verbergen sich Emissionshandel zwischen den beteiligten Staaten, Clean Development Mechanism (CDM) und Joint Implementation (JI).

Das folgt dem wirtschaftsnahen Ansatz, dass die Emissionsminderung dort stattfinden soll, wo sie am kostengünstigsten ist. Denn es ist entscheidend, dass die Emissionen überhaupt gemindert werden, und nicht, wo dies geschieht. Die beiden projektbasierten Mechanismen (CDM, JI) sind dabei so konstruiert, dass Emissionsminderungsmaßnahmen im Ausland zu Emissionsgutschriften führen, die in einem bestimmten Umfang auf die eigene Zielerfüllung oder im Europäischen Emissionshandelssystem angerechnet werden.

Wichtig war es, die Fortführung in die Zukunft zu erreichen, über 2012 hinaus. Dies gelang nach schwierigen Verhandlungen mit COP 18 in Doha/Katar, wo eine zweite Verpflichtungsperiode (2013–2020) verabschiedet wurde. Die teilnehmenden Länder verpflichteten sich jetzt, ihre Emissionen bis 2020 um 18 % gegenüber 1990 zu senken, die EU wiederum zu mehr, nämlich um 20 %.

Zentrale Änderungen im Vergleich zur ersten Verpflichtungsperiode sind darüber hinaus in Auswahl:

Japan, Kanada, Neuseeland und Russland waren in der zweiten Verpflichtungsperiode nicht dabei. Die USA nahmen auch diesmal nicht teil.

Die zweite Verpflichtungsperiode umfasste nun acht

Jahre (2013–2020), im Vergleich zur fünfjährigen ersten Verpflichtungsperiode.

Überschüssige Emissionsrechte aus der ersten Verpflichtungsperiode konnten vollständig übertragen und im Emissionshandelssystem gehandelt werden.

Überschusszertifikate in der zweiten Verpflichtungsperiode erhielten eine neue Begrenzung.

Nach Kyoto bildete sich eine neue Konferenzrunde aus: das CMP-Format (Meeting of the Parties to the 1997 Kyoto Protocol). Hier sind alle Unterzeichner des Kyoto-Protokolls versammelt, also ein „Kreis der Willigen“. Die Mitglieder tagen jährlich, gemeinsam mit dem COP-Kongress. Nichtmitglieder sind als Beobachter zugelassen. Die CMP überwacht die Implementierung des Kyoto-Protokolls. Ihr erstes Meeting hielt die CMP im Jahr 2005 in Montreal ab, in Verbindung mit der elften Sitzung der Unterzeichner der Klimakonvention (COP 11).

Die Fortsetzung der Konferenzrunden war, dem jährlichen Turnus folgend, für das Jahr 2020 in Glasgow geplant (COP 26/ CMP 16/CAM 3). Der Termin wurde, wie so vieles, unter den von der Covid 19-Pandemie erzwungenen Bedingungen auf das Jahr 2021 verschoben.

5.2 Pariser Abkommen 2015 (COP 21)

Am 12. Dezember 2015 wurde in der internationalen Klimakonferenz COP 21 in Paris vor dem Hintergrund immer neuer Warnungen dann ein neuer Meilenstein gesetzt: das sogenannte Pariser Abkommen wurde beschlossen. Anlass und Grundlage der Diskussionen und der Ergebnisfindung war der aktuelle Weltklimabericht, den der IPCC veröffentlicht hatte. Seine wesentliche Botschaft war: Der Klimawandel ist Realität, die Erderwärmung muss auf 2 °C begrenzt werden.

Ziel des weltweit zwischen 196 sogenannten Parteien (195 Staaten und die EU) abgeschlossenen Abkommens war und ist, die Weltwirtschaft auf dieses klimanotwendige Vorgehen hin zu verändern. Das war insofern ein historischer Schritt, als nach der bisherigen Regelung des Kyoto-Protokolls nur dessen Unterzeichner Verpflichtungen eingegangen waren. Das Pariser Abkommen ist am 4. November 2016 in Kraft getreten, nachdem es von 55 Staaten, die mindestens 55 % der globalen Treibhausgase emittieren, ratifiziert wurde. Nach Stand September 2018 haben inzwischen 180 Staaten das Abkommen ratifiziert, darunter auch die Europäische Union und Deutschland (Ratifikation 5. Oktober 2016)¹. Abb. 5-15 zeigt den nicht einfachen Ablauf der Verfahren.

In Paris wurde klar, dass die Weltgemeinschaft die Bedrohung durch den emissionsbedingten Klimawandel inzwischen sehr

ernst nimmt – dokumentiert allein durch die Teilnahme von mehr als 150 Staats- und Regierungschefs bei der Eröffnung. Das Pariser Abkommen war ein deutliches Signal für eine Neuausrichtung aller Volkswirtschaften, die von den natürlichen Grenzen der Erde ausgeht.² Anders als noch im Kyoto-Protokoll wurden diesmal alle Staaten der Erde zu nationalen Klimaschutzzielen verpflichtet, auch die großen Emittenten USA und China sowie die Entwicklungsländer.

Das Abkommen legte besonderen Wert auf die bisher schwierige Einbeziehung der ärmeren Länder. Sie sollen durch finanzielle Hilfen und durch Wissens- und Technologietransfer bei ihren Maßnahmen zum Klimaschutz unterstützt werden. Die früher gängige Zweiteilung in Industrieländer einerseits und Schwellen- und Entwicklungsländer andererseits wurde damit in Paris überwunden. Das Abkommen betonte die gemeinsame Verantwortung aller Länder.

Kritisiert wurde nach Bekanntwerden des Textes, dass manches wenig konkret formuliert wurde. Dass der Höhepunkt der CO₂-Emissionen soll „so schnell wie möglich“ erreicht werden sollte, wie es der Text besagte, war manchen nicht genug; auch dass ärmere Länder länger brauchen dürfen, war Punkt der Kritik.³



UN

**Wann tritt das Abkommen
von Paris in Kraft?**



5-15:

Ratifizierung und Inkrafttreten des Pariser Abkommens;
Quelle: BMU 2016

Neu war, dass technische Ausgleichsmaßnahmen zugelassen wurden. Grundvorstellung war, in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts zur CO₂-Neutralität zu finden, wobei mehrere Möglichkeiten offenstanden und auch benannt wurden. Ein Gleichgewicht zwischen dem Ausstoß von Treibhausgasen und deren Entzug aus der Atmosphäre wäre auch ein Weg, beispielsweise durch gezielte Nutzung der Meere, durch Aufforstung der Wälder, oder durch technische Verfahren wie der CO₂-Filterung aus der Atmosphäre oder dessen dauerhafte Speicherung. Die Formulierung ließ Spielräume, weiterhin mit Kohle, Öl und Gas Emissionen zu produzieren – man müsste sie nur neutralisieren.

Der Treibhausgasausstoß stehe auch im Kontext der Armutsbekämpfung, hieß es im Vertrag. Die Anmerkung war insbesondere Indien wichtig, das nach wie vor den Kohlestrom favorisiert. Schärfere Formulierungen, wie Dekarbonisierung oder Nullemissionen oder auch nur Emissionsneutralität wurden neben Indien auch von den Erdölstaaten und einigen wenigen anderen verhindert.

Das Abkommen von Paris ist dennoch ein seriöses und anspruchsvolles Programm. Es kann für sich universelle Geltung und die Formulierung völkerrechtlichen Pflichten für alle Staaten in Anspruch nehmen. Beschlossen wurde auch

das weitere Vorgehen bis zur 24. UN-Klimakonferenz, die dann im Dezember 2018 in Kattowitz (Polen) stattfand. Bis dahin sollten Einzelheiten geklärt und ausgearbeitet werden, um dort verabschiedet zu werden, insbesondere auch zur Berichterstattung und Überprüfung.⁴

Das Pariser Abkommen Decision1/CP21 verfolgte im Einzelnen mehrere Hauptziele:

In Art. 2 wird das Ziel, die menschengemachte Erderwärmung auf deutlich unter 2 °C zu begrenzen, völkerrechtlich bestätigt. Zugleich werden Anstrengungen eingefordert, um eine Begrenzung auf +1,5 °C zu erreichen (jeweils im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter).

Nach Art. 4 soll der Scheitelpunkt der klimarelevanten globalen Emissionen so bald wie möglich überschritten werden, sodass sich in der 2. Hälfte des Jh. ein Gleichgewicht zwischen Senken und Quellen, also eine Klimaneutralität ergeben kann.

Mit Art. 4 und Art. 14 verpflichten sich alle Unterzeichner, freiwillige nationale Beiträge im Sinne von Art. 2 vorzulegen und umzusetzen. Diese Beiträge sind im Turnus von 5 Jahren zu aktualisieren und nach besten Kräften zu erhöhen. Zur Überprüfung des Ausreichens der Maßnahmen soll 2023 Bilanz gezogen werden (Stocktake), was dann ebenfalls alle 5 Jahre zu wiederholen ist.

Mit Art. 7 verpflichten sich alle beteiligten Staaten zur Formulierung und Implementierung nationaler Anpassungspläne und zur entsprechenden Kommunikation hierüber.

In Art. 13 schließlich wird vereinbart, dass alle nationalen Informationen über Vermeidung und Anpassung von internationalen Experten überprüft werden dürfen, um Transparenz und Vergleichbarkeit der berichteten Fortschritte sicherzustellen.

Vereinbart wurde weiter

Die Förderung der Bewältigung des nicht mehr vermeidbaren Klimawandels als gleichberechtigtes Ziel neben der Minderung der Treibhausgasemissionen.

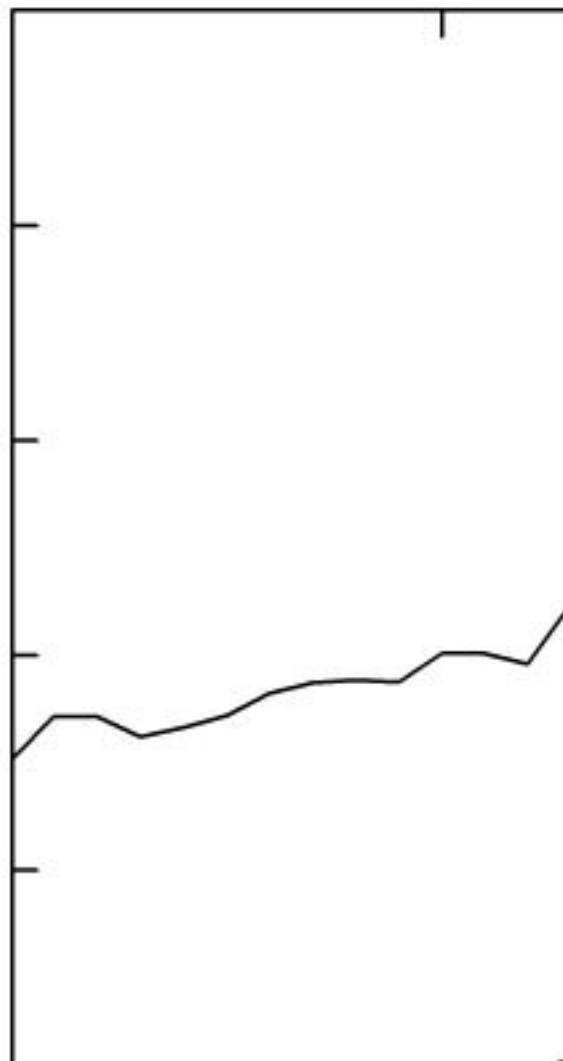
Die gesicherte Bereitstellung von Finanzmitteln für die Klimaziele.

Alle Staaten wurden darüber hinaus aufgefordert, bis 2020 Langfriststrategien für eine treibhausgasarme Entwicklung vorzulegen.

Der weltweite Scheitelpunkt der Treibhausgasemissionen wurde in Paris nicht mit einer Zeitmarke versehen; er sollte eben nur „so bald wie möglich“ erreicht werden, s. oben. In der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts sollte nach Art. 4 die weitere Belastung der Atmosphäre durch anthropogenes CO₂ erreicht werden, ebenfalls ohne nähere Zeitangabe. Als mögliche Pfade, dies zu erreichen, wurden vom IPCC die Varianten nach Abb. 5-16 vorgestellt, die nach den Jahren der Emissionswende parametrisiert und an einem CO₂-Gesamtbudget ab 2017 ausgerichtet sind.

Emissionen

45
40
35
30
25



5-16:

Wie mit CO₂ nach dem Pariser Abkommen umzugehen ist; Alternativen auf der Basis eines Rest-Gesamtausstoß ab 2017 von 600 Gt CO₂. Gestrichelt: ein Beispiel mit 800 Gt CO₂-Ausstoß. Quelle: Prof. Stefan Rahmstorf, IPCC

Zur Erreichung der Ziele sollten die Staaten ihre nationalen Klimaschutzbeiträge (Nationally Determined Contributions) selbst festlegen, s. oben. Das ist sicherlich ein weicher Punkt, der von RAHMSDORF/SHELLNHUBER mit den Worten ironisiert wurde: „Wir beschließen alle gemeinsam, dass jeder selbst beschließt, welchen Beitrag er zum Vorhaben der Weitrettung beitragen möchte.“⁵ Die späteste Zeitmarke für Scheitelpunkt des globalen Ausstoßes, also die CO₂-Wende, setzen beide Autoren mit dem Jahr 2020 an. „Ansonsten werden Reduktionsmaßnahmen nötig, die sich eigentlich nur im Rahmen einer (globalen) Kriegswirtschaft realisieren lassen.“⁶

Entwicklungsländer werden nach dem Protokoll bei Minderung und Anpassung von den Industrieländern durch Technologieentwicklung und -transfer, durch Kapazitätsaufbau sowie durch finanzielle Hilfe unterstützt. Der bestehende Technologiemechanismus soll internationale Kooperationen zur Minderung von Treibhausgasemissionen und zur Anpassung an den Klimawandel beschleunigen. Die im Rahmen des Technologiemechanismus eingerichteten nationalen Kontaktstellen (National Designated Entities, NDE) bilden dafür eine der Grundlagen. Der Technologiemechanismus des Pariser

Abkommens soll ausgebaut werden.

Die deutsche NDE ist grundsätzlich im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie angesiedelt. Seit dem 20. Juni 2016 werden jedoch ihre Aufgaben in enger Abstimmung mit dem BMWi durch einen Dienstleister wahrgenommen (NDE Germany Geschäftsstelle c/o HEAT GmbH).

Die 2009 im Rahmen der Weltklimakonferenz in Kopenhagen (COP 15) gegebene Zusage, ab 2020 jährlich 100 Milliarden US-Dollar für Klimafinanzierung bereitzustellen, wurde in Paris bis 2025 fortgeschrieben. Für die Zeit danach sollen ein neues Ziel festgelegt und der Geberkreis erweitert werden.

Die deutsche Bundesregierung hatte mit einem „Integrierten Energie- und Klimaprogramm“ im Jahre 2007 zum Auftakt der Welt-Klimakonferenz in Bali ein aus ihrer Sicht historisches Energie- und Klimaprogramm geschnürt.

Mit dem beschlossenen Paket verdoppelte Deutschland den bisherigen Klimaschutz: 2007 stand die Bundesrepublik bei einer Treibhausgasreduktion von etwa 18 % gegenüber 1990, mit dem Programm sollten etwa 36 % erreicht werden. Damit konnte ein Minderungsziel von 40 % bis 2020 festgeschrieben werden.

Im Energiekonzept aus dem Jahr 2010 wurde dieses Ziel durch einen „Entwicklungspfad“ ersetzt:

2020	- 40 %
2030	- 55 %
2040	- 70%

2050	- 80 – 95%
------	------------

Der Anteil der erneuerbaren Energien am Bruttoendenergieverbrauch sollte betragen:

2020	18%
2030	30%
2040	45%
2050	60%

und der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch:

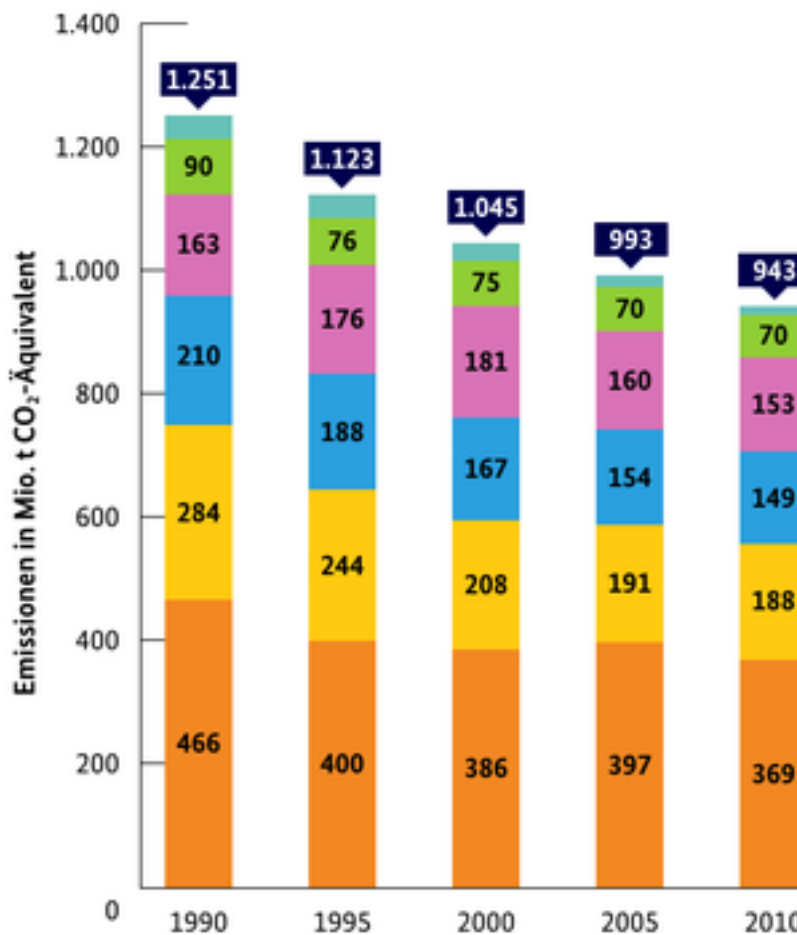
2020	35 %
2030	50 %
2040	65 %
2050	80 %

Diese Ziele wurden auch im Jahr 2014 im Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung wiederholt und im Jahr 2016, dem Jahr nach dem Abkommen von Paris, im Klimaschutzplan 2050 festgeschrieben und mit Maßnahmen hinterlegt, s. auch Kap. 8, Politik der (deutschen) Energiewende.

In Deutschland wurden von der Industrie große Anstrengungen unternommen, den CO₂-Ausstoß zu reduzieren. So gelang es Im Zeitraum 1990–2015, die CO₂-Emissionen insgesamt um 22,4 % zu reduzieren. Das muss auch vor dem Hintergrund gesehen werden, dass die Emissionen weltweit

im gleichen Zeitraum um rund 57,5 % zugenommen haben. Einschränkung kommt allerdings hinzu, dass seit 2011 die Emissionen in Deutschland stagnierten, teilweise sogar leicht wieder angestiegen sind. Erst im Jahr 2018 gab es wieder eine nennenswerte Reduktion, s. Abb. 5-17.

Im Klimaschutzbericht 2017 vom 18. Juni 2018 musste dann die Bundesregierung bekannt geben, dass die deutschen Treibhaus-Emissionen bis 2020 nur einen Rückgang von rd. 32 % aufweisen werden. Die Bundesregierung ging damit davon aus, dass Deutschland seine eigenen Klimaschutzziele für 2020 verfehlen wird, was in der nationalen wie der internationalen Öffentlichkeit zu hämischen bis böswilligen Kommentaren führte. Denn das frühere Musterland Deutschland war nun nicht mehr Vorreiter in Sachen Klimaschutz. Im Ranking des Umweltschutz-Verbandes CAN Europe vom Juni 2018 fiel Deutschland sogar weltweit auf Platz 27 zurück, s. Abb. 5-18.



Energiewirtschaft

Industrie

Verkehr

Landwirtschaft

5-17:

Treibhausgasemissionen für Deutschland seit 1990, gestaffelt nach Bereichen: bei Trendfortsetzung werden die Ziele verfehlt; Quelle: Umweltbundesamt 2019

Als Grund für das Nichterreichen des Ziels wurden mehrere Faktoren benannt: das mit der guten Konjunktur verbundene Wirtschaftswachstum, der Verkehrssektor mit seinem stark zunehmenden Anteil PS-starker Fahrzeuge (SUV), die zu langsame Umsetzung der energetischen Gebäudesanierung.

Klimasco

5-18:

Das in der Klimakonferenz von 2018 in Kattowitz vorgeführte Klimaranking führt Deutschland nur auf Platz 27; Quelle: CAN Europe

Die Prognosen der Bundesregierung wurden allerdings von der Realität überholt: nach ersten deutlichen Reduktionen in 2017 und 2018 kam es im Jahr 2019 zu einer Minderung von 6,9 %. Neuere Übersichten über die THG-Emissionen geben damit ein anderes Bild, s. Abb. 5-19.

Hinzu kam 2020 die Auswirkung der Covid 19-Pandemie, deren Beginn für Deutschland mit Februar 2020 anzusetzen ist, und die national wie auch international wegen der deutlich abnehmenden Wirtschaftsleistung eine neue und ganz unerwartete Wendung brachte. Inzwischen ist davon auszugehen, dass das deutsche Minderungsziel von -40 % mit -42,3 % sogar übererfüllt wird (Stand Jahreswende 2020/2021).⁸ Kritische Kommentare prognostizieren allerdings einen deutlichen Wiederanstieg der Emissionen nach der für das zweite Hj. 2021 erwarteten wirtschaftlichen Erholung.

Ein Meilenstein des Pariser Abkommens war, dass es auch von China und den USA ratifiziert wurde. Für die USA galt dies jedoch nur temporär: Im Juni 2018 verkündete Präsident TRUMP, dass die USA 2020 den Klimavertrag verlassen würden. Hintergrund für diesen Sinneswandel war, dass die amerikanische Industrie nach dem Motto „America first“ von jeder Belastung freigehalten werden sollte, um so zu alter

Stärke zurückzufinden. Es ist jedoch zu erwarten, dass sein im November 2020 gewählter Nachfolger J. BIDEN den seit dem 4. November 2020 rechtlich wirksamen Austritt wieder rückgängig machen wird.

Im Dezember des gleichen Jahres 2018 wurde schließlich auf der UN-Klimakonferenz im polnischen Kattowitz (COP 24) das sogenannte Regelbuch verabschiedet, nach dem die Klimaziele von Paris erreicht werden sollten. U. a. wurden hierin für alle Staaten einheitliche Standards und Transparenzregeln vereinbart, damit die Fortschritte bei der Verringerung der CO₂-Ausstöße vergleichbar sind. Für Länder des Globalen Südens gilt eine Übergangszeit, in der sie die technischen Voraussetzungen dafür schaffen können.

HG-Emissionen [Mio. t]

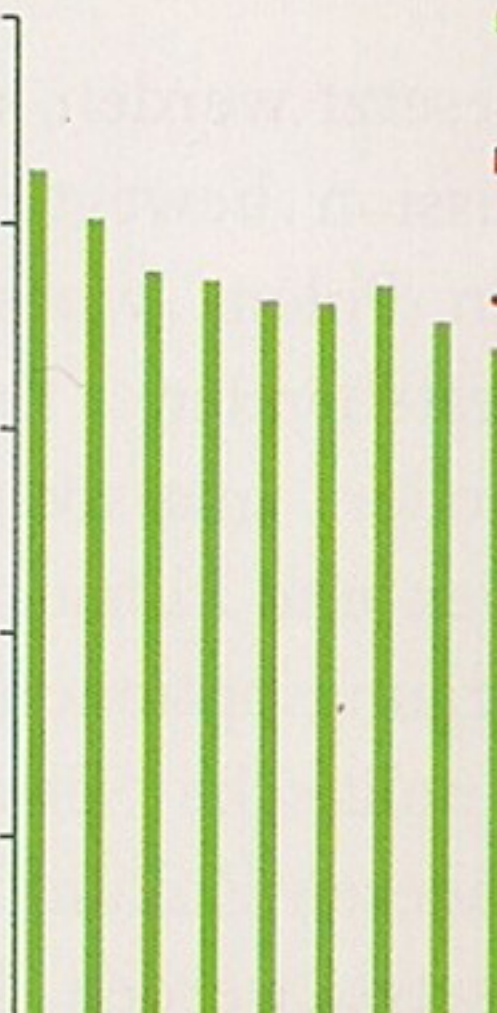
1 400

1 200

1 000

800

600



5-19:

Übersicht über die Entwicklung der THG-Emissionen in Deutschland nach Stand Sept. 2020, mit Ausblick auf 2-Grad-Szenario; Quelle: BKW Jahresausgabe 2020, S.64

Die Übereinkunft von Paris 2015 lief darauf hinaus, dass die 195 Staaten der Welt alles tun wollen, um den Anstieg der Oberflächentemperatur zu begrenzen. Was dort und später als freiwillige Zusagen angekündigt wurde, ist hierfür keinesfalls ausreichend, was auch kaum jemand bestreitet. Genaues wird man wissen, wenn nach 5 Jahren Umsetzung der erste Rechenschaftsbericht verfügbar ist und diskutiert wird. Zwar haben im September 2019 am Rande der UN-Vollversammlung 68 kleinere und mittlere Staaten weitere Zusagen angekündigt, jedoch ist darunter keiner der großen Emittenten. Der Austritt der USA aus dem Abkommen belastet zusätzlich, sodass die Skepsis zunimmt.

Das Thema insgesamt sollte die COP 25 beschäftigen, die als UN-Klimakonferenz vom 2. –16. Dezember 2019 in Madrid stattfand. Sie gilt nach den vorliegenden Berichten als misslungen, wenn nicht gar gescheitert. Dass Deutschland hier die gerade vom Kabinett verabschiedeten Klimagesetze 2019 vorstellen konnte, war einer der wenigen Lichtblicke. Auch die EU will hier Profil gewinnen. Sie hatte bisher zugesagt, den Ausstoß von Treibhausgasen bis 2030 gegenüber 1990 um 40 % zu reduzieren. Die neue Kommissionspräsidentin U. VON DER LEYEN hat sich im Nachgang zur Konferenz für minus 50 bis

55 % ausgesprochen, die sie mit hohen Etatansätzen und einem „Green Deal“ zwischen den beteiligten Regierungen erreichen möchte, s. auch Kap. 8, Die (deutsche) Energiewende.

Auch hier hat Covid-19 neue Akzente gesetzt. Nachdem die Pandemie zunächst dafür sorgte, dass die Klimathemen weitgehend aus dem Blick der Öffentlichkeit gerieten und von der Tagesordnung der Politik verschwanden, sind mit der Verabschiedung der umfangreichen nationalen und europäischen Hilfsprogramme und deren zumindest partieller Ausrichtung auf den Klimaschutz wieder neue Impulse zu beobachten.

Covid-19 traf auch die für Glasgow vorgesehene UN-Klimakonferenz 2020. Sie sollte der kritischen Auseinandersetzung mit den im Pariser Abkommen vereinbarten Zielen und den erreichten Fortschritten dienen. Sie wurde vorläufig auf das Jahr 2021 verschoben.

6 Handlungsoptionen

Die Aussagen des IPPC zur künftigen Klimaentwicklung werden von der überwältigenden Mehrheit der Klimawissenschaftler geteilt. Die seriöse Politik hat sich ihnen angeschlossen, zuletzt die deutsche Bundeskanzlerin A. MERKEL in ihrer Ansprache zum Neujahr 2021. Dass sich populistische Regierungen wie die von D. TRUMP in den USA oder J. BOLSONARO in Brasilien hierzu anders äußern, bis hin zur Leugnung der Fakten und zum Rückzug aus bereits geschlossenen Abkommen, mag ihnen innenpolitische Vorteile bringen, ändert jedoch nichts an der objektiven Lage.

Weniger eindeutig sind die sich bietenden Handlungsoptionen. Das hängt mit grundsätzlichen Einschätzungen zur Entwicklung der Welt und der Menschheit zusammen, die sich für Individuen wie Gesellschaften mit Abstufungen zwischen den Polen bewegt:

Status Quo erhalten

Welt dynamisch verstehen

Konkret kann man zunächst fragen, wie sich das Klima in den großen Zusammenhängen der Erdgeschichte darstellt. Naturgemäß gibt es hierzu quantitative Unsicherheiten, jedoch lässt sich in Abb. 6-1 erkennen, dass Klimageschichte durch starke Veränderungen geprägt ist, mit vielen zwischenliegenden

Warmzeiten. Unsere Gegenwart lässt sich hier am Ausgang der letzten Eiszeit einordnen.

Niederschlag

P r a



feuchter



trockener

Temperatur



wärmer



kälter

$W = W$

6-1:

Erdklima in großem zeitlichem Zusammenhang; Quelle: Schönwiese, Christian-Dietrich: Klima im Wandel, Tatsachen, Irrtümer, Risiken; Deutsche-Verlags-Anstalt GmbH, 1992

Warmzeiten und Eiszeiten wechselten also ab, insbesondere auch in den letzten 1.000 Mio. Jahren. Einige Ereignisse ragen besonders heraus, so etwa die Katastrophe an der Perm-Trias-Grenze vor etwa 252 Millionen Jahren, die mit dem größten Massenaussterben der Erdgeschichte verbunden ist. Hauptverursacher war der sog. Sibirische Trapp, ein riesiger Vulkankomplex im heutigen Sibirien. Die Ausbrüche setzte nach Modellrechnungen mindestens 14,5 Billionen (?) Tonnen CO₂ frei – fast das Dreifache der Menge, die durch das Verbrennen heutiger fossiler Brennstoffe auf der Erde entstehen würde. In den Jahrmillionen nach dem Vulkanereignis stiegen die Wasser- und Bodentemperaturen auf 35 bis 40 °C an, die Wassertemperatur am Äquator auf bis zu 40 °C. Die Modelle lassen auch erkennen, dass das Meer damals 76 % seines Sauerstoffs verlor.¹

Die letzte Zwischeneiszeit, in der wir immer noch festhängen, begann vor etwa 10.000 Jahren mit deutlich erhöhten Temperaturen und ließ den Meeresspiegel um etwa 120m (!) steigen. Die von verschiedenen Autoren ermittelten Temperaturwerte deuten an, dass während des gesamten Holozäns erhebliche Temperaturschwankungen auftraten.²

Vor diesem Hintergrund sind Temperaturanstiege nichts

grundsätzlich Neues, gegenwärtig allerdings mit einer Besonderheit: Der menschengemachte Temperaturanstieg hat sich in einem mit 100 Jahren erdgeschichtlich extrem kurzen Zeitraum vollzogen und ist damit ein neuartiges Phänomen ohne bekanntes Vorbild.³

Insgesamt folgt, dass der Zustand des Erdklimas nie der eines Status Quo war, sondern vielfachen Veränderungen unterlag und damit im Sinne der oben gemachten Unterscheidung dynamisch zu verstehen ist.

Ein Status Quo (im engen Sinn) ist erdgeschichtlich eine Hoffnung, die sich nicht erfüllen wird.

Und da der Mensch seit der Industrialisierung nicht nur kräftig in die natürliche Umwelt eingreift, sondern sich auch seine eigene Umwelt (Zivilisation) schafft und diese beständig verändert, gilt das auch für die wirtschaftsgeographische, technikhistorische und sozialgeschichtliche Perspektive.

Die massive Umgestaltung der Welt durch den Menschen hat schließlich P. CRUTZEN dazu gebracht, mit dem Anthropozän ein neues Zeitalter für unsere Gegenwart auszurufen, das seit der Mitte des 20. Jahrhunderts das Holozän abgelöst hat.⁴

6.1 Wege in die Zukunft

Temperaturerhöhungen von 3, 4 oder 5 °C sind in erdgeschichtlicher Betrachtung kein dramatischer Vorgang. Aus zivilisatorischer Sicht sieht das allerdings anders aus: Die Verschiebung des fruchttragenden Gürtels nach Norden bzw. Süden, die Überschwemmung der Küstenlandschaften und der dortigen Infrastruktur, die Ausbreitung der Wüsten etc. sind reale Bedrohungen für unsere menschengemachte Umwelt, die sich neuen Bedingungen anpassen muss. In Kap. 12, Folgen des (ungebremsten) Klimawandels, wird hierauf im Detail einzugehen sein.

Es kann befürchtet werden, dass die notwendigen Veränderungen sich nicht immer sanft vollziehen und z.B. massive Wanderungsbewegungen die (relative) Stabilität der Staatengemeinschaft (zer)stören. Das dann als Klimakatastrophe zu bezeichnen, geht allerdings deutlich zu weit, auch wenn sich die Medien nicht scheuen, den Terminus immer wieder aufzugreifen. Die Welt hat die technischen und finanziellen Mittel, diesen Übergang gleitend zu gestalten. Die Frage jedoch, ob und vor allem wie der Mensch hier eingreifen soll und kann, ist trotz mancher Initiativen noch offen, zu großen Teilen mindestens.

Dass die CO₂-Emission mittelfristig zu reduzieren und langfristig ganz zu stoppen ist, steht außer Frage und hat in

den Beschlüssen von Kyoto und Paris schon ihren Niederschlag gefunden.

Wie das im Einzelnen zu erreichen ist, bleibt allerdings international offen und den Mitgliedstaaten der Protokolle überlassen. Immerhin gibt es seit Kyoto einen Ansatz, der hier weiterhelfen kann: Festlegung nationaler Gesamtemissionen und die Möglichkeit, zwischenstaatlich Emissionsrechte zu handeln.¹

Die zentrale Rolle in diesen Grundsatzüberlegungen kommt den nicht-fossilen Energiequellen zu, die in fernerer Zukunft die Weltenergieversorgung tragen müssen. Als solche stehen bereit:

- Nukleare Energie aus Kernspaltung

- Die sog. Erneuerbaren Energien (Wasserkraft, Windenergie, Solarenergie, Bioenergie)

- Geothermie und Wärmepumpen

- Verbesserung der Effizienz als Maßnahme, dem gleichen CO₂-Ausstoß eine höhere Produktivität zu geben

- Nukleare Energie aus Fusion

Wenn diese Optionen in absehbaren Zeiträumen greifen, wäre dies die Lösung des Klimaproblems, denn die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ist langfristig reversibel, wenn der „Nachschub“ fehlt, die Produktion von CO₂ also aussetzt. Das ist in Abb. 6-2 für die Konkurrenz Erneuerbare Energien vs. Energie aus fossilen Quellen einmal dargestellt. Wobei die Grundannahme ist, dass die billiger werdenden regenerativen Energieformen allein aufgrund ihres zunehmenden Preisvorteils die fossilen Energien zunehmend ablösen.

Das Basisszenario der oberen Kurve überlässt den Verlauf allein den Marktkräften, während die übrigen Szenarien eine schnellere, ggf. auch durch Förderung erreichte Substitution annehmen. Im Basisszenario wäre dann in rd. 160 Jahren ein Maximum der CO₂-Konzentration und in rd. 270 Jahren ein maximaler Temperaturanstieg von rd. 5 °C erreicht, mit danach jeweils wieder absinkenden Werten.²

lenstoffemission in Mrd. t pro Jahr

50
45
40
35
30
25
20
15
10
5



6-2:

Oberes Diagramm: globale Kohlenstoffemissionen mit 4 Szenarien: Basisszenarium bei „Nichts tun“, Preisrückgang für erneuerbare Energien um 50 bzw. konservativere 30 %, und schließlich um 30 % und zusätzlich CO₂-Bepreisung mit 100 \$/t, Unteres Diagramm: Veränderung der globalen Mitteltemperatur in den 4 Szenarien; Quelle: Chakravorty 1997, S.1222f; Amed 1994

Auch wenn das Basisszenario aus heutiger Sicht viel zu hohe Werte zeigt und viel zu lange Zeiträume umfasst, so ist es doch beruhigend, dass auch hier in einigen tausend Jahren, also in erdgeschichtlich kurzer Zeit, der Ausgangszustand der Erdtemperatur wieder erreicht wird. Die Forcierung der Regenerativen haben wir selbst in der Hand und können damit zivilisatorisch verträglich Anstiege und Zeiträume erreichen, s. die weiteren Szenarien der Abb. 6-2. Und dies sogar, ohne die (in Deutschland) gesellschaftlich umstrittene Energie aus Kernspaltung und die noch längst nicht beherrschte Fusionsenergie zu bemühen.

6.2 Sensitive Regionen und Sektoren

Wenn es darum geht, CO₂ ohne wesentliche Beeinträchtigung der Volkswirtschaften einzusparen – sei es durch Effizienzverbesserung oder Substitution nicht-regenerativer Energieformen – dann stellt sich zunächst die Frage nach den wesentlichen Verursachern, um dann hier mit geeigneten Maßnahmen anzusetzen. Dabei ist sowohl regional wie sektoral zu differenzieren.

Regional sind die Verursacher sehr ungleich verteilt, s. Abb. 6-3. Vom gesamten CO₂-Ausstoß von weltweit 32,3 Mrd. t entfiel nach Abb. 6-4 im Jahr 2017 die Hälfte auf nur 3 Emittenten: China rd. 9 Mrd. t, USA rd. 5 Mrd. t und Indien rd. 2 Mrd. t.



6-3:

Die Top 10 unter den CO₂-Emittenten, 2015, in Mio. t CO₂;

Quelle: IDW 2017, urspr. Internationale Energieagentur 2017



1990



2015

Anteil der EU an den weltweiten
CO₂-Emissionen in Prozent

6-4:

Weitere Einzelheiten zur Höhe der CO₂-Emissionen; Quelle: IAE und Europäische Umweltagentur 2017

Wie stark sich das Gewicht Chinas verändert hat, geht aus Abb. 6-5 hervor: Während die EU seit 1990 827 Mio. t CO₂ eingespart hat, stieg sein Anteil um fast 7 Mrd. t, offensichtlich ein Ergebnis des überproportional starken Wirtschaftswachstums: China wurde in diesem Zeitraum zur Werkbank der Welt – ein Trend, dem in kleinerem Maßstab auch Indien folgt.

Abb. 6-4 liefert zugleich noch die Information, dass der Anteil der EU an den CO₂-Emissionen z.B. im Jahre 2015 nur knapp 10 % erreichte – was deutlich macht, welchen geringen Beitrag Einspareffekte haben, wenn sie sich nur auf Europa beschränken. In noch viel stärkerem Maße gilt das für Einsparungen innerhalb nationaler Grenzen, z.B. für solche, die sich allein auf Deutschland beziehen. Das CO₂-Problem ist eben ein Welt-Problem, kein nationales.

1990 bis 2015 in Millionen

EU

-827

6-5:

Zur gewachsenen Dominanz Asiens in den CO₂-Emissionen;

Quelle: IDW 2017, urspr. IAE 2017

Auf welche Wirtschaftssektoren sich die Emissionen verteilen, zeigt Abb. 6-6. Im Jahr 2015 lautete in den Grenzen der EU die Reihenfolge:

Energieerzeugung

Verkehr

Industrie und Bau

Landwirtschaft

Haushalte

Alle Sektoren weisen deutliche Einsparungen seit 1990 aus – mit Ausnahme des Verkehrssektors, dessen Emissionen sogar deutlich zugenommen haben. Woran das liegt, macht eine Analyse von 2019 zumindest für Deutschland sichtbar: Der Absatz von Benzin und Diesel korrespondierte mit der Entwicklung des Fahrzeugbestands in Deutschland, der weiter zunahm. Bei den Zulassungen holten alternative Antriebe zwar auf, aber immer noch blieben Diesel- und Benzinfahrzeuge mit einem Anteil von über 90 % an den Zulassungen 2019 dominant. Vor allem hat das Marktsegment der SUVs nach Produktionszahlen wie Verkäufen weiter zugenommen. Dadurch wurden bisher erreichte Effizienzfortschritte bei den Verbrennungsmotoren neutralisiert. Eine Trendwende ist hier ohne staatliche Eingriffe nicht in Sicht¹ – der private Konsum folgt freiheitseinschränkenden Klimaappellen nur widerwillig.

Das Bild wiederholt sich ähnlich auf der Welt-Ebene, hier in Abb. 6-7 wiedergegeben für das Jahr 2016. Allerdings ist hier die Landwirtschaft nicht gesondert ausgewiesen.

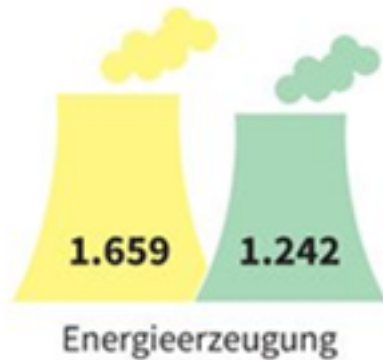
■ 1990
■ 2015

Sonstiges:

424

Insgesamt:

5.410



1.376

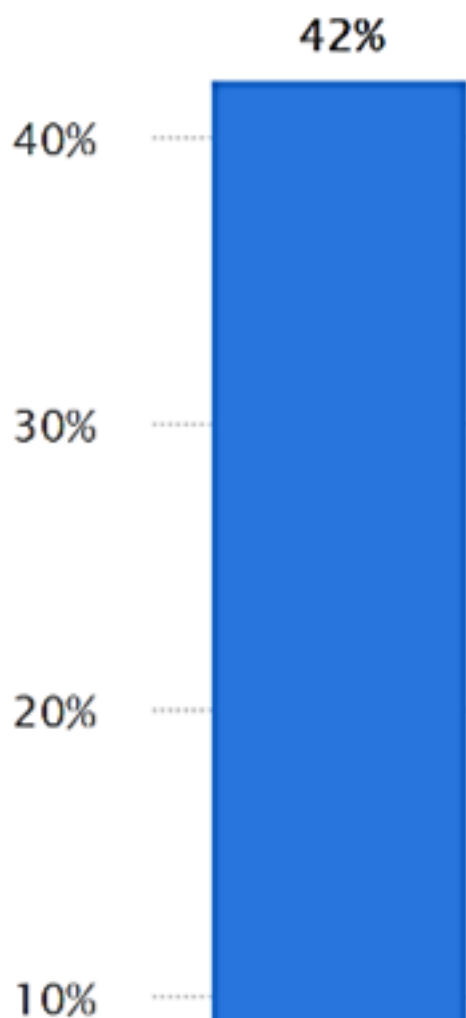


Industrie und Bau

6-6:

Treibhausgasemissionen in der EU 1990 /2015, nach Wirtschaftssectoren; Quelle: IDW 2017, urspr. IAE 2017

Anteil an den CO₂-Emissionen



6-7:

Verteilung der energiebedingten CO₂-Emissionen weltweit nach Sektoren im Jahr 2016; Quelle: Statista 2020

Um größere Fortschritte in der Reduzierung der CO₂-Emissionen zu erreichen, muss der Fokus des Handelns und Verhandelns sich auf die die Einbindung der Hauptemittenten China, USA und Indien konzentrieren, wie dies mit dem Pariser Abkommen versucht wurde, und sich dabei auf die Wirtschaftssektoren Energieerzeugung und Transport ausrichten.

Europa kann in der Quantität nur einen begrenzten Beitrag leisten, jedoch eignet es sich gut als Testfeld für Techniken der Effizienzverbesserung, energiepolitische Modelle und Maßnahmen der Regulierung. Ein gutes Beispiel für letztere ist hier der Europäische Emissionshandel, der im Jahre 2005 eingerichtet wurde, oder auch das ab 2021 in Deutschland greifende nationale Emissionshandelssystem.

6.3 Instrumente

Bei den Instrumenten zur gezielten Emissionsminderung stehen sich drei Positionen gegenüber, über die politisch wie gesellschaftlich anhaltend gestritten wird:

- Limitierende Gesetze, Verbote und Verordnungen
- Marktwirtschaftliche Lösungen
- Fördermaßnahmen und Subventionen

Beispiele für Limitierende Gesetze und Verbote sind im Fall Deutschland die kernenergiefreie Stromerzeugung, der geplante Ausstieg aus der Braunkohlenutzung, die 2001 erstmals eingeführte und inzwischen mehrfach geänderte Energie-Einsparverordnung (EnEV), das Verbot neuer Ölheizungen, die an der Fahrzeugleistung orientierte Kfz-Steuer, der Steueranteil bei Kraftstoffen, die CO₂-Obergrenze bei der Neuzulassung von Fahrzeugen (Flottenmix), das geforderte Verbot von Verbrennungsmotoren in Neufahrzeugen, Geschwindigkeitsbeschränkungen, das Herstellungsverbot klassischer Glühlampen, Subventionskürzungen für die Landwirtschaft etc.etc.

Ausgangspunkt für marktwirtschaftliche Lösungen ist die Grundidee, das CO₂ mit einem Preis zu versehen und den jeweiligen Verursacher hiermit zu belasten. Aus dieser Vorstellung heraus ist der Zertifikatehandel der

Energiewirtschaft entstanden, der inzwischen die gesamte EU umfasst und wenigstens grundsätzlich funktioniert. Die Einbindung anderer Sektoren wie Verkehr und privater Verbrauch bereitet allerdings Probleme, s. weiter unten. Auch solche Lösungen kommen nicht ohne staatliche Eingriffe bzw. Vorgaben aus (Länder-Obergrenzen für die Emissionen, Preis der Zertifikate).

Zu den marktwirtschaftlichen Lösungen zählt auch die Liberalisierung des Energiemarktes, die 1996 von der EU verbindlich vorgegeben wurde. Ihr Ziel war die Herstellung eines echten Marktes für Strom, Gas und Telekommunikationsdienste, was zugleich auch Konkurrenz für die etablierten Versorger bedeutete und (auch) auf einen Markteinstieg der regenerativen Anbieter hinauslief.

Beispiele von Fördermaßnahmen sind in Deutschland das im Jahr 2000 in Kraft gesetzte und mehrfach novellierte Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung, die staatlich veranlassten Förderprämien beim Kauf von Elektrofahrzeugen, der Befreiung der Elektrofahrzeuge von der Kfz-Steuer, die Zuschüsse im Personennahverkehr ÖPNV, die Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der regenerativen Energien einschließlich der Speicher, Power-to-Gas und der möglichen Ausrichtung auf eine wasserstoffbasierte Energiewirtschaft, die Beiträge zur Fusionsforschung etc.

Dies sind Beispiele ohne Vollständigkeit. Ihre bloße Zahl

demonstriert jedoch das Dilemma: Man hat eine Vielzahl von Stellschrauben zur Verfügung. Die nationale Energiepolitik machte und macht hiervon umfangreich Gebrauch, oft ohne klare ordnungspolitische Ausrichtung. Das im Jahr 2020 beschlossene Klimapaket der deutschen Bundesregierung liefert hierzu umfangreiches Anschauungsmaterial.

Für den Handlungsbereich stehen technisch und energiepolitisch folgende Aktionsfelder zur Verfügung:

- Energieeffizienz und Energiemanagement

- Zertifikatehandel

- Staatliche Eingriffe: Grenzwerte und Verbote

- Regenerative Energien: Wasser, Photovoltaik, Bioenergie, Solarthermie, Wind

- mit den Anforderungen an Speicherung und Netze

- Geothermie und Wärmepumpen

- Kernspaltung und Kernfusion

- CO₂-Verwendung und -Entsorgung

- Systemlösungen KWK, Brennstoffzellen, Power-to-X bzw. Power-to-Anything, Sektorkopplung, Energiemärkte, Intelligente Netze und Virtuelle Kraftwerke

- Umstellung der Versorgungssysteme auf Wasserstoff

Diese Aktionsfelder werden in ihrer Entwicklung, ihrem Stand und in ihren Perspektiven nachfolgend einzeln vorgestellt. In vielen Fällen ergeben sich dabei Querverbindungen.

7 Aktionsfelder

7.1 Energieeffizienz und Energiemanagement

Bei der Umwandlung von einer Energieform in die andere fallen immer Verluste an, technisch als Wirkungsgrad beschrieben. Wie hoch der Wirkungsgrad ist, hängt vom jeweiligen Prozess ab. Thermische Energie, also Wärme, ist nur eingeschränkt in andere Energieformen umwandelbar und zwischen Systemen übertragbar. Daher treten insbesondere bei der Stromerzeugung aus fossiler Energie Verluste bei der Umwandlung in die nutzbare elektrische Energie auf, die sich in geringerem Maße bei der Rückverwandlung der elektrischen Energie in die Endenergie (Exergie), z.B. mechanische Energie, wiederholen.

Beim Einsatz fossiler Brennstoffe liegen die Verluste bei ausschließlicher Stromerzeugung und -verwendung bei 60 % bis 70 %; durch Nutzung der entstehenden Wärme (Anergie) als Fernwärme können sie auf rd. 50 % gesenkt werden (Kraft-Wärme-Kopplung). Ähnlich sieht es im Verkehrssektor aus, der noch lange vom verlustreichen Verbrennungsmotor dominiert sein wird.

Verluste gibt es nicht nur bei thermischen Maschinen. Die Erzeugung elektrischer Energie über Photovoltaik und

Wind sind weitere Beispiele, ebenso der Wärmesektor, wo die Verluste erheblich sind, sowohl in industriellen Prozessen wie im Heizungssektor beim privaten Verbraucher. Damit ist angedeutet, dass das Problem der Verluste nicht verschwindet, wenn die Nutzung fossiler Quellen immer weiter zurückgefahren wird.

Im Grunde ist jeder Wirtschafts- und Lebensbereich durch die Vorgänge Energieerzeugung, Energietransport, Energieumwandlung und Energiespeicherung charakterisiert und damit von Verlusten betroffen. Die Verluste zu begrenzen, möglichst zu reduzieren, „den Wirkungsgrad zu verbessern“, ist seit langem ein Traum der Ingenieure – und seit einigen Jahrzehnten auch ein Anliegen der Wirtschaft und der Politik. Hier ordnen sich auch Energiesparen, Energiemanagement und letztlich auch die neue Norm ISO 50001 ein.¹

7.1.1 Historische Hintergründe

Bemerkenswerterweise hat der Verbrauch an Primärenergie in Deutschland trotz Wirtschaftswachstums seit 1990 nicht zu-, sondern etwas abgenommen. Zwischen 1990 und 2011 z.B. nahm das reale Bruttoinlandsprodukt um 34 % zu, der Energieverbrauch nahm jedoch um 9 % ab. Gründe hierfür sind der technische Fortschritt in der Energiewirtschaft, die sparsamere und rationellere Energienutzung und die Verlagerung der Produktion ins Ausland (Beispiel: die Aluminiumproduktion in energieintensiven Unternehmen).

Die Schwankungen des Energieverbrauchs in den letzten Jahren sind allerdings auch auf die veränderten Witterungsbedingungen zurückzuführen: Kalte oder warme Winterhalbjahre führen eben zu unterschiedlichen Heizkosten, die einen erheblichen Teil des Verbrauchs ausmachen.

In den 1970er Jahren etablierte sich die angesprochene „sparsame und rationellere Energienutzung“ als Ziel für Forschung und Energiewirtschaft, gefolgt von den Ölkrisen, die die Versorgungssicherheit Deutschlands bedrohten. Zeitgleich zum 4. Atomprogramm vereinigten H. EHMKE (Minister für Forschung und Technologie) und H. MATTHÖFER (dessen Nachfolger) 1974 die Positionen der nicht-nuklearen Energieforschung unter dem neuen Programmbegriff „Energieforschung“ in der Verantwortung beider Minister. Bis

dahin waren die Forschungsgegenstände fast ausschließlich auf die Nutzung und den Ausbau der Kernenergie und vor allem auf das Thema Versorgungssicherheit bezogen gewesen; die nachhaltigen Auswirkungen der beiden Ölpreiskrisen hatten diese Art einer Vorsorgepolitik zunächst durchaus gerechtfertigt. Nun kamen jedoch bereits im ersten Programmentwurf die Themen zum Ziel der rationellen Energieanwendung und der Energieeinsparung hinzu.¹

Energieeinsparung wurde in den folgenden, bis ins 2005 reichenden Energieforschungsprogrammen als einer der Schwerpunkte ständig mitgeführt. Im 6. Energieforschungsprogramm (2011–2015) taucht dann der Begriff „Effizienz“ auf, der in der Folge als Synonym für Energieeinsparung oder rationelle Energieverwendung stand und bis heute steht.

Parallel zu diesen Programmen entwickelte sich ab Gründungsdatum 1978 die Tätigkeit der GRE e.V. – Gesellschaft für Rationelle Energieverwendung – als gemeinnützige bundesweite Initiative. Ihre Ziele waren nach eigener Darstellung:

„Die Förderung von Energieeinsparmaßnahmen, z. B. von Maßnahmen zur Einsparung von Primärenergie, sowie von Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz,

Unterstützung von Gesetzgebung, Verwaltung und Forschung bei der Förderung rationeller Energieverwendung,

Öffentlichkeitsarbeit, Aufklärung und Beratung auf dem Gebiet der Wärmeschutztechnik und dem Einsatz energiesparender Anlagen,

Aufklärung und Beratung über mess- und regeltechnische Verfahren im Zusammenhang mit Energieeinsparung.

Herausgabe von Informationen zur Energieeinsparung über die Medien.“²

Effizienzverbesserung gehört seither neben der später einsetzenden Förderung der nachhaltigen Energieformen zu den Schwerpunkten deutscher Energie- und Förderpolitik.

Es ist heute üblich geworden, Effizienz als zusätzliche Energiequelle (korrekter: Verbrauchssenke) zu verstehen, die für erhebliche Reserven steht.

Effizienz hat zuerst eine wirtschaftliche Bedeutung: Weniger Energie zur Herstellung eines Produktes oder einer Dienstleistung aufzuwenden, bedeutet betriebswirtschaftlich, es im Preis senken zu können und somit auch den Gewinn zu erhöhen. Für die volkswirtschaftliche Seite bedeutet weniger Energie eine geringere Importabhängigkeit, speziell von Öl und Gas, neuerdings auch von Stromimporten sowie daraus folgend höhere Versorgungssicherheit.

Ein weiterer immer wichtigerer Punkt ist die positive Auswirkung für den Umweltschutz. Die Europäische Union hat sich deshalb die schon in Kap. 6.3 und Kap. 6.4 angesprochenen ambitionierten Klimaschutzpolitischen Ziele gesetzt.

Index 1990 = 100

200

180

160

140



7-1:

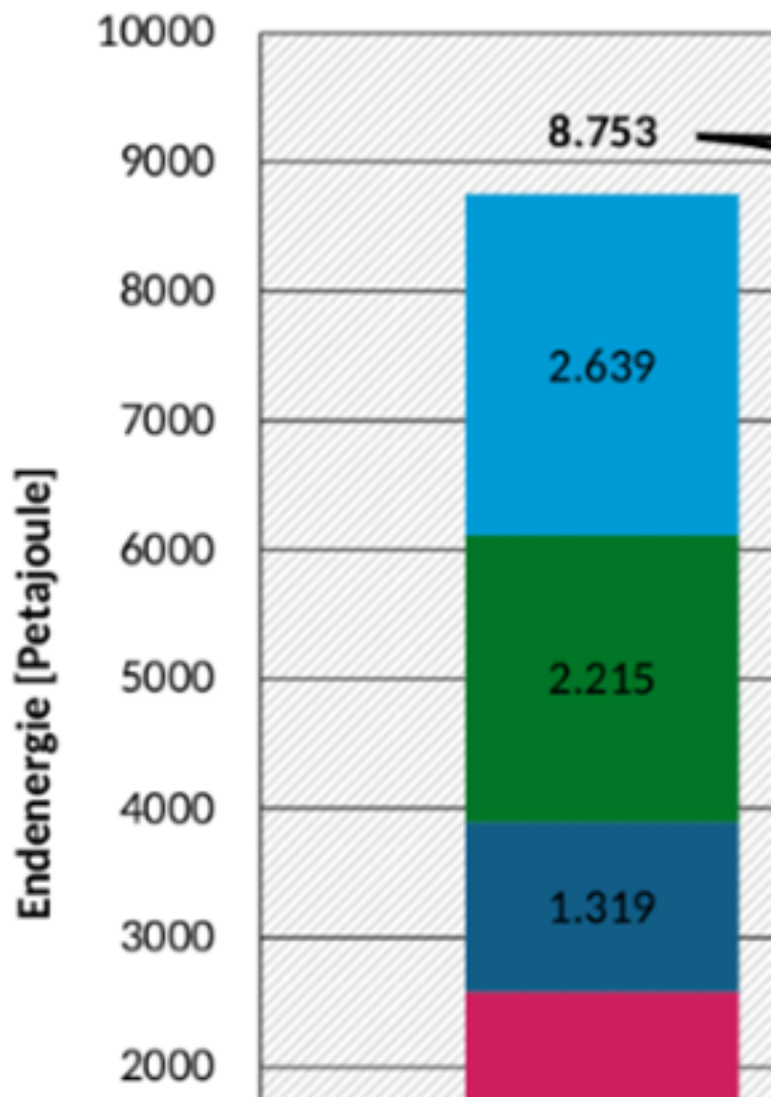
Primärenergieverbrauch BIP/Kopf und Energieproduktivität in Deutschland 1990–2020; Quelle: UBA, Umwelt im Unterricht

Zur Erreichung der Klimaschutzpolitischen Ziele und zur Gewährleistung eines zukunftsfähigen Energiesystems setzen die Länder der Europäischen Union neben einer deutlichen Ausweitung der Nutzung erneuerbarer Energien vor allem auf eine Steigerung der Energieeffizienz in Industrie, Verkehr und privatem Verbrauch.

Gemessen werden kann dies über die Energieproduktivität, die das Bruttoinlandsprodukt in ein Verhältnis zum Energieverbrauch setzt.

Im Jahre 2015 wurde unterstellt, dass die Energieproduktivität bis zum Jahr 2020 deutlich verbessert werden könnte und insbesondere stärker steigen müsste als im Zeitraum von 1990 bis 2008, als die jahresdurchschnittlichen Steigerungsraten bei 1,8 % lagen, s. Abb. 7-1.

Der Europäische Rat wiederum hatte bereits 2007 beschlossen, die Energieproduktivität so zu steigern, dass der in der Referenzprognose für 2020 erwartete Energieverbrauch um 20 % gesenkt werden kann.³



7-2:

Einsparpotentiale an Endenergie, aufgeteilt nach Sektoren, Stand 2012; Quelle: Umweltbundesamt (Hg.), Politiksznarien für den Umweltschutz VI, Dessau-Roßlau 2012.

Weniger Energieverbrauch bedeutet auch geringere Belastung der Umwelt. Damit wird die Aussage verständlich:

Die umweltfreundlichste Energie ist die eingesparte.⁴

Um welche Einsparpotentiale es sich dabei quantitativ handelte, wird aus Abb. 7-2 ersichtlich. Dass dieses Potential ab dem Jahr 2000 zunehmend entdeckt und gefördert wurde, zeigt der Bericht des Bundeswirtschaftsministeriums zum 6. Energieforschungsprogramm, s. Abb.7-3.

Neuere Untersuchungen aus dem Jahr 2020 kommen hinsichtlich der Effizienzpotentiale trotz des Fortschritts in der Zeit immer noch zu ähnlichen Ergebnissen wie oben für das Jahr 2012, s. Abb. 7-4. Zugrunde gelegt sind hier die Daten aus über 19.000 Effizienzaudits US-amerikanischer Unternehmen des produzierenden Gewerbes, deren technischer Stand als dem den deutschen Unternehmen vergleichbar unterstellt werden kann.⁵

1.000

800

600

400

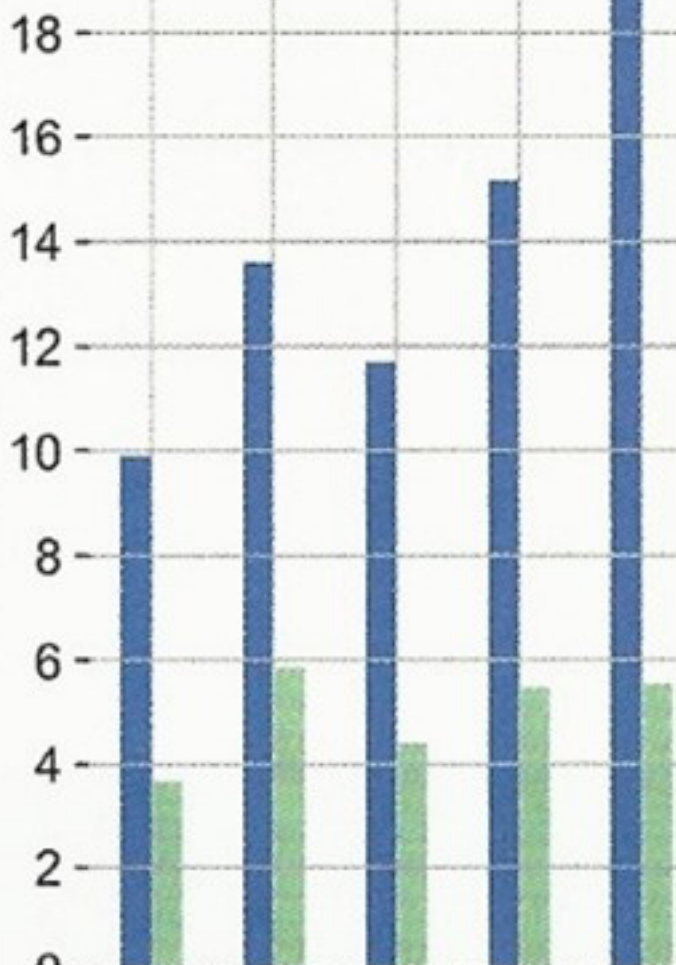
200



7-3:

Übersicht der Themen im 6. Energieforschungsprogramm des Bundes, in Mio. €; Quelle: BMWi (Hg.), Bundesbericht Energieforschung 2018.

Potenziale in %

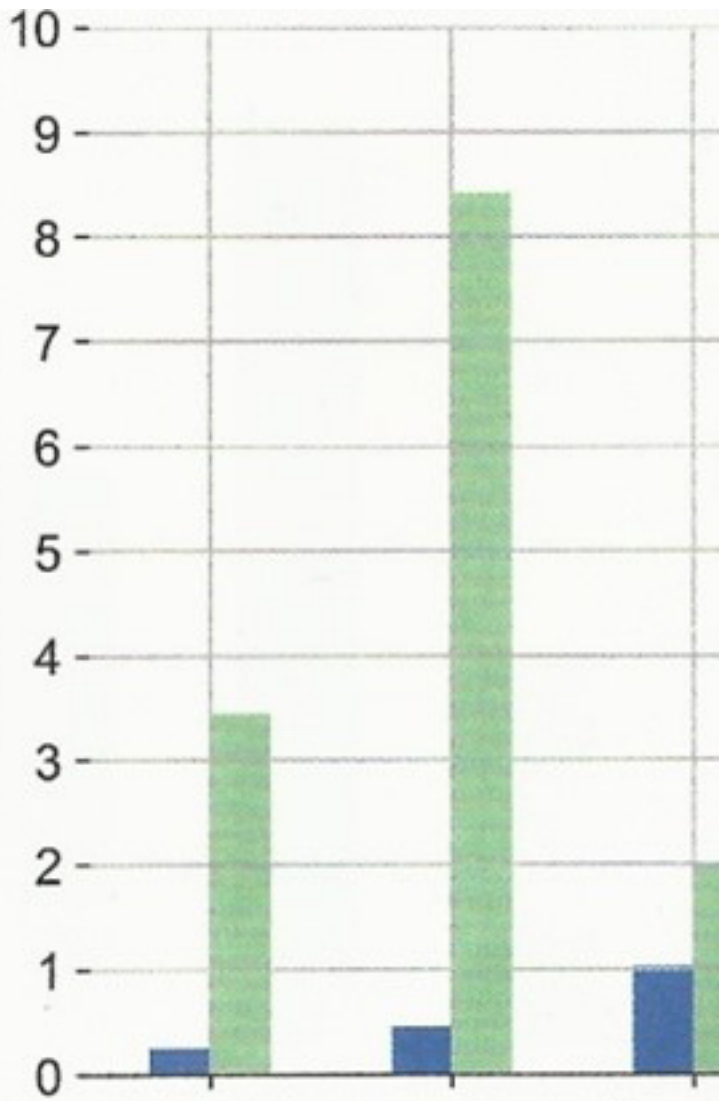


7-4:

Technisches und real umsetzbares Effizienzpotential in der produzierenden Industrie nach Branchen 2020; Quelle: N.A. Industry Classification System und Datenbasis IAC

Die die gleiche Quelle nutzende Abb. 7-5 zeigt schließlich die Verteilung der Potentiale auf die Anwendungsformen. Wenig überraschend liegt hier die Wärmerückgewinnung an erster Stelle, deutlich vor der Wärmedämmung, deren Wirkpotential gemeinhin überschätzt wird.

Einsparung in %



7-5:

Technisches Potential von Verwendungen; Quelle: Ebersold, F. et alii: Keine Klimaneutralität ohne Energieeffizienz, Bild 2, in: Z. BWK Bd.72, Nr.12, 2020

7.1.2 Energiemanagement

Vor dem Hintergrund der deutschen Energiepolitik wurde der sparsame Umgang mit Energie zu einem volkswirtschaftlich wichtigen Eckpfeiler. Hier ordnet sich das Energiemanagement ein. Wie in Kap. 7.1.1, Historische Hintergründe, dargestellt, ist hierfür seit einigen Jahren der Topos Energieeffizienz üblich geworden.

Unter Energieeffizienz wird zunächst neutral das Verhältnis von Ertrag (an Leistung allgemein, speziell an Dienstleistungen, an Waren oder von Energie) zu Energieeinsatz verstanden. Eine Wertung entsteht korrekt erst durch Adjektive wie hoch oder niedrig. Im allgemeinen Sprachgebrauch hat sich jedoch durchgesetzt, schon dem Topos Effizienz die positive Bewertung zuzuordnen.

So gilt umgangssprachlich ein Vorgang als energieeffizient, wenn der Nutzen mit nur minimalem Energieaufwand erreicht wird.

Für das auf Effizienz gerichtete Energiemanagement gilt allgemein die Definition:

„Energiemanagement ist die Kombination aller Maßnahmen, die bei einer geforderten Leistung einen minimalen Energieeinsatz sicherstellen. Es bezieht sich auf Strukturen, Prozesse, Systeme und bauliche Gegebenheiten sowie auf menschliche Verhaltensweisen

und -änderungen.“ (GABLER)¹

Energiemanagement gehört, wie im Kap. 7.1.1 dargestellt, historisch zur neuesten Geschichte, entstanden aus den seit den 1970er Jahren verfolgten Ansätzen einer rationellen Energieverwendung.²

Energiemanagement kann in Deutschland formlos, mit Energieaudits nach DIN EN 16247 oder in einem Energiemanagementsystem nach DIN EN ISO 50001 betrieben werden. Die international bereits etablierten Umweltmanagementsysteme nach ISO 14001 und EMAS haben den Weg zum internationalen Standard für Energiemanagementsysteme (EnMS) bereitet.

Die ISO 14001 ist der weltweit akzeptierte und angewendete Standard für Umweltmanagementsysteme. Die Norm wurde 1996 von der Internationalen Organisation für Normung veröffentlicht und zuletzt 2015 novelliert. Sie dient der Erfassung aller Umweltauswirkungen von Unternehmen und Organisationen und der kontinuierlichen Verbesserung ihrer Umweltleistung auf dem jeweiligen Gebiet. Daher umfasst sie auch die Überprüfung des Energieverbrauchs und die Erschließung von Einsparmöglichkeiten.

Für manche potenziellen Anwender waren die Maßnahmen zur Optimierung des Energieverbrauchs innerhalb dieser Umweltmanagementsysteme aber nicht genügend „tiefgehend“ und ausdifferenziert – so kam es zur Entwicklung spezifischer EnMS-Standards, zunächst auf nationaler Basis.

Dä
DS
24

2000

7-6:

Zeitstrahl zur Entwicklung nationaler Energiemanagementnormen; Quelle: UBA, Energiemanagement als Erfolgsfaktor, Dessau-Roßlau, November 2010

Die Abb. 7-6 zeigt die Entwicklung in der Entstehung nationaler EnMS-Normen. Wie die Abbildung zeigt, waren die USA, Dänemark, Schweden, Irland, Spanien und Südkorea mit nationalen Normen auf dem Markt, bevor im Jahre 2009 die EN 1601 für Europa und damit auch für Deutschland verbindlich wurde. Einen nationalen Vorläufer hat es in Deutschland nicht gegeben. Erst die im Jahr 2010 vom Umweltbundesamt (UBA) veröffentlichte Studie „Energiemanagement als Erfolgsfaktor“, die mit einem Vergleich der aus den Länderanalysen gewonnenen Erkenntnisse schloss, formulierte Empfehlungen für eine effektive Einführung von EnMS in Deutschland.

Die Empfehlungen enthielten wichtige Aussagen:

Die Untersuchung zeigte zunächst, dass Energiemanagementsysteme (EnMSe) in vielen Ländern bereits als effektive Instrumente zur Förderung von Energieeffizienz eingesetzt wurden. Die Autoren begründeten dies damit, dass solche Systeme einen festen Rahmen bieten, um Unternehmen dabei zu unterstützen, ihre Energieeffizienz kontinuierlich zu steigern. Sie betonten auch, dass EnMSe einen Beitrag zur Verbreitung neuer energiesparender Techniken leisten könnten und empfahlen ihre Anwendung auch für Deutschland.

Die Studie zeigte allerdings auch, dass ein EnMS

als Instrument zur Förderung von Energieeffizienz kein Selbstläufer ist. Vorliegende Erfahrungen in anderen Ländern erbrachten, so die Autoren, nur dort befriedigende Annahme der nationalen Normen, wo staatliche Begleitmaßnahmen griffen. Auch bei staatlicher Unterstützung blieben langfristige Erfolge aus, wenn keine verbindliche Einbindung in das Management bis hin zur Unternehmensführung gegeben war.

Mit Blick auf Deutschland folgerten die Autoren, dass vorrangig besonders energieintensive Unternehmen anzusprechen und für diese Pakete von Fördermaßnahmen und verpflichtenden Anforderungen (einschließlich des Einsatzes von normierten EnMS) zu schnüren wären.

Von Wert ist auch die Feststellung, dass „die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in keinem der untersuchten Länder einen Schwerpunkt der Anwendung darstellten.“ Der Einsatz von EnMS beschränkt sich in allen betrachteten Ländern deutlich überwiegend auf (größere) energieintensive Betriebe.“³

Die Autoren begründeten dies damit, dass bei den KMU die Voraussetzungen oft schlecht sind: „Es existieren keine Managementsysteme, auf denen aufgebaut werden könnte, die personellen Ressourcen sind knapp, die finanziellen Voraussetzungen für Investitionen in Energieeffizienztechniken sind nur bedingt gegeben, das Wissen der Unternehmensleitung über die faktisch erzielbaren Energieeinsparungen ist gering und das Management verfügt auch nur recht beschränkt über die Zeit, sich mit der Thematik intensiver vertraut zu machen.“⁴

Abschließend plädierten die Autoren im Zusammenhang mit der Einführung energiesparender Maßnahmen und speziell von EnMS in Deutschland für eine enge Zusammenarbeit zwischen Staat und der Industrie. Positive wie negative Anreizeffekte sahen sie als geeignete Maßnahmen der Mobilisierung.

In diesen seinerzeit veröffentlichten Empfehlungen sind viele Probleme angesprochen, die sich in der späteren Einführung der EnMS-Normen in Deutschland und im Übergang zur Nutzung der ISO 50001 wiederfinden. Dies gilt besonders für die Schwierigkeit der Akzeptanz und Verbreitung von Energiemanagement bei kleineren und mittleren Betrieben (KMU).

Unternehmen	Produkte
MAN B&W Diese A/S, Alpha Diesel	Antriebsanlagen Schiffe
De danske Spritfabrikker A/S	Wein und Schna
Ø-P ølser A/S	Würstchen
Bundy A/S	Systeme für Flüssigkeitstrans
Karl Molin Stålkonstruktioner A/S	Stahlkonstruktion

**Wasserkosten eingeschlossen*

7-7:

Beispiele für Energieeinsparungen durch Einführung eines Energiemanagementsystems, Dänemark; Quelle: UBA, Energiemanagement als Erfolgsfaktor, November 2010

Die vorstehende Tabelle der Abb. 7-7 zeigt an dänischen Beispielen, dass ein EnMS durchaus nennenswerte Beiträge zu Effizienzverbesserung leisten kann, hier insbesondere im Wärmesektor.

7.1.3 Energiemanagement nach ISO

BMWi, BAFA und die KfW taten sich Jahr 2011 zusammen, um eine bundesweite Datenbank für sogenannte Energieeffizienz-Experten aufzubauen. Dies geschah zunächst vor dem Hintergrund, den Wildwuchs von selbsternannten Experten einzudämmen, die sich im Feld der geförderten Energieberatungen tummeln und die staatlichen Prämien abgriffen. Die zertifizierten Fachleute sollten sich vor allem um energieeffiziente Neubau- oder Sanierungsmaßnahmen kümmern. 2013 waren bereits 5000 Wohngebäude-Experten in der Liste aufgeführt. Das Programm wurde dann über den Bau hinaus ausgeweitet.

Ab Januar 2015 finden Unternehmen qualifizierte Fachleute im Rahmen des Förderprogramms „Energieberatung im Mittelstand (BAFA)“. Das BMWi unterstützt mit diesem Förderprogramm kleine und mittlere Unternehmen bei der Identifizierung von Energieeinsparpotenzialen. Branchen- und sektorübergreifend war schließlich auch die DIN EN 16001, die als erste Norm das Thema Energiemanagement behandelte und standardisierte. Die Grundlage für eine effiziente Energiebereitstellung und -nutzung ist das Wissen über die wesentlichen Energieverbraucher im Unternehmen und darüber, wie diese Faktoren beeinflusst werden können. Dafür müssen die betrieblichen Abläufe transparent sein und kontinuierlich erfasst

werden. Die DIN EN 16001, veröffentlicht im August 2009, gab auf dieser Basis erstmals eine Struktur für ein betriebliches Energiemanagementsystem vor.

Das Fraunhofer IPA hatte einen Leitfaden zur Umsetzung der Anforderungen der DIN EN 16001 erstellt und zeigte die dazu notwendigen Schritte unter folgenden Überschriften auf:

„Implementierung einer Energiepolitik,
Definition von strategischen und operativen Zielen,
Erklärung der Unternehmensleitung, dass die laufende
Verbesserung der Energiebilanz ein durchgreifendes
Unternehmensziel für alle Bereiche und Mitarbeiter ist.“

Anschließend an den Basisentwurf können dann Abläufe und Standards geschaffen werden, die die Norm sukzessive im Unternehmen etablieren. Das primäre Ziel der DIN EN 16001 war die Reduzierung der Energiekosten – nicht die Einsparung als solche oder die CO₂-Einsparung. Unternehmen, die ein Energiemanagementsystem etablieren, gewinnen jedoch über die Kostenersparnis hinaus noch weitere Vorteile. Der kritische Blick auf die betrieblichen Abläufe führt dazu, dass in Technik wie Organisation Verbesserungsmöglichkeiten bis hin zur Innovation gefunden werden. Dazu kommt, dass Mitarbeiter ein Gefühl dafür gewinnen, was es heißt, effizient mit Energie umzugehen, und sich hierüber austauschen.

Im Prozess der Anerkennung der jetzt internationalen Norm zu diesem Thema, der DIN EN ISO 50001, wurde deutlich, dass Zweigleisigkeit keine Lösung sein konnte: die bestehende

DIN EN 16001:2009 musste zurückgezogen werden, was dann zum April 2012 vorgesehen wurde. Die DIN EN ISO 50001 wurde Ende 2011 veröffentlicht (und Ende 2018 erneuert).¹ Sie wurde von der International Standards Organization (ISO) entwickelt und deckt alle Phasen der Einführung und Umsetzung eines EnMS ab. Sie bietet Organisationen im typischen Normen-Deutsch einen Rahmen für:

„Die Entwicklung und Durchführung von energetischen Bewertungen zur Feststellung von Verbesserungspotenzialen,
die Lenkung und Überwachung der mit einem beträchtlichen Energieeinsatz verbundenen betrieblichen Abläufe und Instandhaltungsaktivitäten,
die Überwachung, Messung und Analyse der Faktoren, die die energiebezogene Leistung bestimmen,
die Bewertung der Eignung, Angemessenheit und Wirksamkeit,
die Festlegung von strategischen und operativen Zielen zur Umsetzung der besseren Effizienz,
die Entwicklung einer unternehmenseigenen Effizienz-Philosophie,
die kontinuierliche Verbesserung der energiebezogenen Leistung eines Unternehmens.“²

Die Norm basiert formal auf dem Muster der DIN EN ISO 9001 (Qualitätsmanagementsysteme), der DIN EN ISO 14001 (Umweltmanagementsystem) sowie auf anderen Managementsystemen, die weltweit genutzt werden und

konzentriert sich entsprechend auf Organisation und Abläufe. Die Inhalte der DIN EN ISO 50001 sind weitgehend identisch mit denen der nationalen DIN EN 16001. Jedoch unterscheiden sie sich in folgenden, z. T. formalen Punkten:3

- unterschiedliche Gliederungsakzente,
andere Begriffe,

- Konkretisierung einiger Anforderungen,
statt „Ermittlung und Überprüfung von
Energieaspekten“ jetzt: „Energetische Bewertung“,

- Definition einer „Energetischen Ausgangsbasis“ (neu gegenüber DIN EN 16001),

- die früheren Indikatoren für die energetische Leistung werden durch „Energieleistungskennzahlen“ ersetzt.

- Statt Energieprogramm heißt es nun
„Energieaktionsplan“.

- Die Verantwortung für das EnMS wechselt von einer Einzelperson zum sog. Energiemanagementteam.

- Keine Vorschriften zur Veröffentlichung,
die Kapitel Benennung, Anwendungsbereich und Grenzen des Energiemanagementsystems entfallen.

- Für energierelevante Beschaffungen müssen Entscheidungskriterien definiert und etabliert werden.

Die ISO 50001 fordert im Rahmen der Planung des Energiemanagementsystems, dass das Unternehmen eine sog. „energetische Bewertung“ durchführt und aufrechterhält.4

Das heißt, dass das Unternehmen

- den Energieeinsatz mit Messungen und mithilfe anderer

Daten ermittelt,

auf dieser Basis die Bereiche des hauptsächlichen Energieverbrauchs definiert und

Wege zur Verbesserung der Energieeffizienz findet und umsetzt, ggf. auch durch Änderung der Prozesse und Abläufe.

Die Zertifizierung nach ISO 50001 ist in Deutschland Voraussetzung für die Anerkennung als stromkostenintensives Unternehmen und für damit einhergehende steuerliche Erleichterungen. Gleichwertig damit ist in Deutschland die Durchführung eines Energieaudits nach DIN EN 16247-1 – eine weniger aufwendige Möglichkeit für kleine und mittlere Unternehmen im Sinne der Empfehlung 2003/361/EG der Europäischen Kommission, die Anforderungen des Strom- und des Energiesteuergesetzes für den Spitzenausgleich und die Bedingungen des EEG für eine Anerkennung als stromkostenintensives Unternehmen zu erfüllen.

Der technischen Umsetzung dient in Deutschland die VDI-Richtlinie VDI 4602, Blatt 1 und 2, die seit Januar 2016 als Entwurf vorliegt. Die Richtlinie definiert den Begriff des Energiemanagements und hat ein gewollt breites Anwendungsspektrum. Sie lässt sich für öffentliche Einrichtungen, gewerbliche und industrielle Objekte oder auch Energieversorgungsunternehmen einsetzen.

Mit der bloß formalen Zertifizierung eines Energiemanagementsystems oder eines Energieaudits nach DIN

EN ISO 50001 bzw. DIN EN 16247 ist es allerdings nicht getan, was die Richtlinie auch deutlich zum Ausdruck bringt:

Es gilt, die formulierten Anforderungen des Energiemanagements umzusetzen und in die praktische Anwendung zu bringen.

Die Richtlinie dient diesem Zweck, indem sie den Bezug zwischen Zertifizierungsziel und praktischer Umsetzung dar- und herstellt. Die Richtlinie VDI 4602 Blatt 2 „Energiemanagement – Beispiele“ geht auf Anwendungsfälle zum Energiemanagement ein. Erfasst werden Aufgabenstellungen für die Wirtschaftsbereiche Energieversorgung, Industrie, Kommunen und Gebäudebewirtschaftung.⁵

Als Zeitaufwand für eine Zertifizierung kann etwa ein Jahr eingeplant werden, abhängig von der gewählten Agentur. Da die Agenturen privatwirtschaftlich organisiert sind, erheben sie Gebühren, die im Angebot mitgeteilt werden. Das Unternehmen muss sich zur Kostenübernahme verpflichten, bevor die nächsten Schritte eingeleitet werden.

Die Wahl der Agentur ist nicht unkritisch zu sehen. Alle Agenturen, die ein Zertifikat mit Prüflogo vergeben dürfen, sind von der nationalen Aufsichtsbehörde zugelassen, die als „DakkS“ firmiert, und haben dort ein umfangreiches Akkreditierungsverfahren durchlaufen. Jedoch gibt es bekannte Agenturen wie TÜV Süd, TÜV Rheinland, DQS als Tochter der deutschen Gesellschaft für Qualität, Lloyds Register, DNV GL6

etc. und weniger bekannte. Das wirkt sich auf die Außenwirkung des Zertifikates aus – ein No-Name-Logo zählt nicht viel beim Kunden, auch wenn es die formalen Bedingungen (z.B. zur Anerkennung als stromkostenintensives Unternehmen) erfüllt.

Die Kosten hängen i. A. von der Größe des Unternehmens ab, konkret von der Zahl der Mitarbeiter; sie unterscheiden sich außerdem von Agentur zu Agentur, wenn auch nicht stark. Um für kleine Unternehmen einen Richtwert zu geben: eine Erstzertifizierung erhält man für ca. 12.000 € plus MwSt. bei fünf Mitarbeitern in der mit dem System befassten Abteilung.⁷

Die Zertifizierung wird für eine Dauer von drei Jahren erteilt. Dann muss die sog. Re-Zertifizierung beantragt werden. Auch während der jeweiligen Laufzeit bleibt das System unter Kontrolle der Agentur. Zu diesem Zweck werden jährliche sog. Überwachungsaudits angesetzt, die vor Ort stattfinden. Auch sie sind wieder mit Kosten (und Zeit) verbunden.

Energiemanagementsysteme sind inzwischen in der deutschen Industrie durchaus verbreitet. Eine vom Verfasser im Jahre 2019 durchgeführte Umfrage in einem (sehr speziellen) Industriesektor ergab allerdings,

dass der wesentliche Antrieb zur Einführung der Norm die Möglichkeit war, mithilfe des Zertifikats den Strombezugspreis zu senken.⁸

Das Beispiel zeigt, welche Umwege eine staatliche Fördermaßnahme nehmen kann.

7.2 Zertifikatehandel

Der Emissions- oder Zertifikatehandel geht von der Prämisse aus, dass man die der Atmosphäre zugeführten Mengen an CO₂ (und/oder anderen Schadstoffen) kontrollieren kann, wenn hierfür vom jeweiligen Verursacher eine Berechtigung verlangt wird. Im gegebenen Fall handelt es sich dabei um Emissionsrechte, die für einen Staat oder einen konkreten Emittenten und eine bestimmte Zeitperiode gelten und die in der Periode auch handelbar sind. Die Tonne CO₂ bzw. eines anderen Schadstoffes bekommt auf diese Weise einen Preis, sodass ein marktwirtschaftliches Instrument der Klimavorsorge entsteht.

Die Idee des Emissionszertifikatehandels geht ursprünglich auf das Jahr 1992 und den damaligen Senator und späteren US-Vizepräsidenten A. GORE zurück, der diesen Vorschlag im Rahmen einer Buchveröffentlichung machte.¹

Das System überzeugt im Grundsatz, hat jedoch auch seine Schwächen. Sie hängen u. a. mit dem Startpreis der Zertifikate zusammen.

7.2.1 Funktionsweise

Ein einzelnes Emissionsrecht berechtigt zum Ausstoß von 1t CO₂ bzw. CO₂-Äquivalent innerhalb der zeitlich festgelegten Verpflichtungsperiode. Das Instrument wird wirksam durch Kontrolle: Am Ende der Verpflichtungsperiode ist nachzuweisen, dass die tatsächlichen Emissionen durch Emissionsberechtigungen gedeckt sind. Bei Überschreitungen sind Strafzahlungen zu leisten. Dazu kommt es im Regelfall jedoch nicht, da die Emittenten die Möglichkeit des Zukaufs an Emissionsrechten haben, wie sie auch umgekehrt nichtgenutzte Rechte verkaufen oder als Gutschriften in die nächste Periode mitnehmen können. Es entsteht somit ein regelrechtes Handelssystem, eben der Zertifikatehandel, der nach dem einfachen Prinzip der Abb. 7-8 funktioniert.

Das System muss jeweils am Beginn einer Verpflichtungsperiode „gestartet“ werden. Dazu muss durch eine berechtigte Stelle (Staat oder eine andere öffentliche Körperschaft) die Gesamtmenge an Emissionen für eine Periode festgelegt und in Form von Berechtigungen anteilig auf die Emittenten übertragen werden. Die Zahl der Zertifikate wird dabei aus den historischen Emissionen ermittelt und mit der klimapolitisch gewollten Reduktionsverpflichtung versehen. Die Startzertifikate werden entweder (zum Schutz der Wettbewerbsfähigkeit) gratis zugeteilt oder sie werden

versteigert.



Start

bisheriger CO₂-Ausstoß
5.000 t

verfügbare Zertifikate
4.500 t

CO₂-Reduktion

tatsächlicher CO₂-Ausstoß
4.000 t

Handel

Verkauf
500 t



Das Ziel der CO₂-Minderung ist erreicht. Anlage A hat mit Zertifikate Geld verdient. Anlage B hat sich aufwändige

7-8:

Zum Prinzip des Zertifikatehandels; Quelle: Deutsche Emissionshandelsstelle (DEHSt) im Umweltbundesamt

Praktische Anwendung hat der Emissionshandel in verschiedenen Formen gefunden. Historisch entstand zunächst nach 1997 ein Handel zwischen Staaten, wie im Rahmen des Kyoto-Protokolls vereinbart. Der zwischenstaatliche Emissionshandel begann allerdings erst am 1. Januar 2008. Das im Modell dem Kyoto-Muster folgende Europäische Emissionshandelssystem (EU-ETS) wurde auf Basis der am 13. Oktober 2003 verabschiedeten Richtlinie dagegen schon am 1. Januar 2005 gestartet. Im EU-Emissionshandelssystem sind die Marktteilnehmer allerdings nicht mehr die Staaten, sondern die Unternehmen bzw. die Betreiber emissionsintensiver Industrieanlagen, die über nationale Allokationspläne Emissionsberechtigungen zugewiesen bekommen.

7.2.2 Der internationale Emissionshandel (nach Kyoto-Protokoll)

Der Emissionshandel ist Teil der sogenannten Flexiblen Mechanismen des Kyoto-Protokolls, die im Schema der Abb. 7-9 dargestellt sind. Der hier interessierende Emissionshandel ist in Artikel 17 des Kyoto-Protokolls geregelt. Handelsteilnehmer sind die in der Protokollanlage B genannten Industriestaaten.

Modalitäten, Regeln und Richtlinien wurden über mehrere Jahre verhandelt und schließlich 2001 in Marrakesch (COP 7) als Marrakesh Accords verabschiedet. Der Handel selbst begann am 1. Januar 2008. Für dieses Startjahr wurden den am Kyoto-Protokoll beteiligten Staaten sogenannte „assigned amount units“ (AAUs) zugeteilt, die nach den jeweiligen Emissionen im Bezugsjahr 1990 bemessen waren. Die Zahl der jährlich neu verfügbaren AAU sollte sich mit jedem Folgejahr nach den festgelegten Reduktionszielen verringern, die für jeden Teilnehmer individuell ausgehandelt und durchaus unterschiedlich waren (Deutschland z.B. -21 %, Frankreich 0 %, Russland 0 %, Portugal +27 %). Zum Ende der ersten Kyoto-Periode (Ende 2012) sollten die Staaten jeweils eine Gesamtzahl von AAUs entsprechend ihrer aufsummierten Perioden-Emission einreichen. Nicht ausgeglichene Zertifikatsbilanzen sollten entweder zu Strafzahlungen (in Form des Zukaufs weiterer Zertifikate) oder zu Gutschriften für die Folgeperiode

führen.

Emissionshandel (zwischen

(Kyoto Protokoll, An

Der Emissionszertifikateha
Austausch der im Kyoto-Pro
Emissionszertifikate (AAU
Industrieländern (Anne

Industrieland A



7-9:

Die Mechanismen des Kyoto-Protokolls, links der Emissionshandel; Quelle: UBA, Deutsche Emissionshandelsstelle

Die Strafbewehrung war sicherlich notwendig, führte jedoch zu unliebsamen Begleiterscheinungen: Kanada hatte sich im Kyoto-Protokoll dazu verpflichtet, bis 2012 seinen Ausstoß von CO₂ um 6 % im Vergleich zum Jahr 1990 zu senken. Allerdings wurde 2011 sichtbar, dass das Land dieses Ziel grob verfehlen würde: Im Jahr 2010 lag der Wert für die Treibhausgas-Emissionen Kanadas um mehr als 35 % über den Daten von 1990. Kanada verließ umgehend das Kyoto-Protokoll, um eine erwartbare Strafzahlung von mehr als 10 Mrd. Euro zu vermeiden.

Die erste Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls startete zudem mit einem Konstruktionsfehler, der mit der Wahl des Bezugsjahres zusammenhängt. In diesem Jahr existierten noch die Sowjetunion und der Warschauer Pakt mit ihren sehr hohen Emissionen, die in der Folgezeit nach der Auflösung des „Ostblocks“ massiv einbrachen. Dadurch kam es zu einem Überangebot an Zertifikaten, das sich durch die gesamte Periode hinzog mit dem Ergebnis, das am Ende ein Gesamtüberschuss aller Länder aus der ersten Kyoto-Periode in Höhe von 13.127 Mio. t CO₂-Äquivalent verblieb.

Die Handelsabsprachen zwischen den Staaten sind nicht öffentlich, jedoch stehen Schätzungen zur Verfügung: der

durchschnittliche Preis lag von 2008–2011 zwischen 4 und 15 Euro pro Tonne und fiel dann im Jahr 2012 auf 2–3 Euro pro Tonne. Das Gesamthandelsvolumen in der ersten Kyoto-Periode dürfte etwa 400 Mio. AAU betragen haben.

Dem Kyoto-Protokoll von 1997 folgten im Jahr 2012 die Beschlüsse von Doha für eine zweite Verpflichtungsperiode mit neuen Klimazielen für die Industrieländer bis 2020. Das Ergebnis zäher Verhandlungen war allerdings ein Kompromiss: Das Kyoto-Protokoll von 1997 wurde fortgeschrieben. Das bedeutete eine Reduktionsverpflichtung von 18 % für die Gesamtheit der verbliebenen 38 Staaten bis 2020, wiederum bezogen auf das Basisjahr 1990. Kanada war nun nicht mehr dabei, auch Russland, Japan und Neuseeland verweigerten die weitere Mitwirkung. Abgesehen von den nur mäßigen Reduktionszielen (z.B. EU -20%) verblieb als weiteres Problem der Umgang mit den Überschusszertifikaten der ersten Runde. Der wenig zufriedenstellende Kompromiss war hier, dass die osteuropäischen Staaten ihre überschüssigen Emissionsrechte in die zweite Periode übertragen und unter bestimmten Bedingungen auch verkaufen durften, sogar über 2020 hinaus.

Das Kyoto-Protokoll ist auf Treibhausgasemissionen insgesamt ausgerichtet und damit nicht auf CO₂ beschränkt, wenngleich CO₂ auch den bei Weitem größten Beitrag zu den Emissionen liefert. Das Kyoto-Protokoll umfasst neben CO₂ auch Methan (CH₄), Lachgas (N₂O) und die fluorierten Treibhausgase (F-Gase). In Deutschland entfielen im Jahr 2016

88,2 % auf Kohlendioxid, 6,0 % auf Methan, 4,2 % auf Lachgas und rund 1,7 % auf die F-Gase.

7.2.3 Der Emissionshandel in der EU (EU-ETS)

Das EU-ETS wurde 2003 vom Europäischen Parlament und dem EU-Ministerrat beschlossen¹ und am 1. Januar 2005 in Kraft gesetzt. Es basierte auf den Empfehlungen eines vorher erstellten Grünbuchs und entstand vor dem Hintergrund der im Rahmen des Kyoto-Protokolls eingegangenen Pflichten: „Die Gemeinschaft und ihre Mitgliedstaaten sind übereingekommen, ihre Verpflichtungen zur Verringerung der anthropogenen Treibhausgasemissionen im Rahmen des Kyoto-Protokolls gemäß der Entscheidung 2002/358/EG gemeinsam zu erfüllen. Diese Richtlinie soll dazu beitragen, dass die Verpflichtungen der Europäischen Gemeinschaft und ihrer Mitgliedstaaten durch einen effizienten europäischen Markt für Treibhausgasemissionszertifikate effektiver und unter möglichst geringer Beeinträchtigung der wirtschaftlichen Entwicklung und der Beschäftigungslage erfüllt werden.“²

Das EU-ETS wurde auf Anlagen und deren Betreiber ausgerichtet (Artikel 3), die Ausgabe der Zertifikate erfolgte nach Artikel 10 weitgehend kostenlos: „Für den am 1. Januar 2005 beginnenden Dreijahreszeitraum teilen die Mitgliedstaaten mindestens 95 % der Zertifikate kostenlos zu. Für den am 1. Januar 2008 beginnenden Fünfjahreszeitraum teilen die Mitgliedstaaten mindestens 90 % der Zertifikate kostenlos zu.“

In der Selbstdarstellung der EU zu den Phasen der Entwicklung werden die bis heute überschaubaren Perioden wie folgt beschrieben:

2005–2007: Die 1. Handelsperiode war durch „learning by doing“ gekennzeichnet, jedoch konnte man schon von einer Etablierung des Systems sprechen. Die Zahl der ausgegebenen Zertifikate war jedoch deutlich zu hoch: ihr Preis fiel gegen Ende der Periode auf 0 €.

2008–2012: Mit Beginn der 2. Handelsperiode erweiterte sich der Teilnehmerkreis um Island, Norwegen und Liechtenstein. Die Anzahl der Zertifikate wurde um 6,5 % reduziert. Da der Wirtschaftsabschwung die Emissionen reduzierte und die Nachfrage nach Zertifikaten einbrach, ergab sich wieder ein Überhang an nicht verwendeten Zertifikaten und Gutschriften, was erneut den CO₂-Preis drückte. In das System wurde am 1. Januar 2012 der internationale Luftverkehr aufgenommen.

2013–2020: Zur 3. Handelsperiode schloss sich Kroatien an. Mit ihrem Beginn wurde eine größere Reform wirksam. Wichtig wurde jetzt eine EU-weite Emissionsobergrenze, die sich jährlich um 1,74 % verringerte. Als Ausgangswert für die Gesamtmenge an Zertifikaten diente jetzt die durchschnittliche Jahresmenge der in den Jahren 2008 bis 2012 ausgegebenen Zertifikate. Außerdem änderte sich der Zugang: An die Stelle der kostenlosen Zuteilungen der Zertifikate traten Zertifikatversteigerungen.

2021–2030: 4. Handelsperiode. Hierfür soll ein

überarbeitetes EU-ETS zur Verfügung stehen, für das die Europäische Kommission im Juli 2015 einen Gesetzesvorschlag eingebracht hat.³

Die ersten beiden Handelsperioden wurden nach der EU-Richtlinie auf die CO₂-Emissionen von ausgewählten energieintensiven Industriesektoren ausgerichtet. Konkret handelte es sich um Verbrennungsanlagen, Raffinerien, Kokereien, Eisen- und Stahlproduzenten sowie Anlagen der Zement-, Glas-, Kalk-, Ziegel-, Keramik-, Zellstoff- und Papierindustrie. Auch Stickoxidemissionen aus industriellen Prozessen wurden erfasst. Die ursprüngliche Einbeziehung des gesamten grenzüberschreitenden Luftverkehrs wurde allerdings schon im September 2012 wieder modifiziert und galt vorerst nur für innereuropäische Flüge.

In das EU-ETS sind heute etwa 11.000 Kraftwerke und Fertigungsanlagen in den Mitgliedsstaaten der EU und dazu noch in den Nicht-EU-Ländern Island, Liechtenstein und Norwegen einbezogen. Es gilt auch für den Luftverkehr in bzw. mit diesen Ländern. Das System umfasst zurzeit ca. 45 % der gesamten Treibhausgasemissionen der EU. EU-ETS ist damit das weltweit größte System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten und gilt als Muster für vergleichbare Systeme in anderen Weltregionen.

An der klimapolitischen Bewertung des EU-ETS scheiden sich die Geister. Es gilt zwar grundsätzlich als vorbildliches Instrument, jedoch haben die großen Überhänge an Zertifikaten

lange nicht dazu geführt, die Emissionen mit einem angemessenen Preis auszustatten. Damit fehlten zunächst die Anreize für die Wirtschaft, in CO₂-arme bzw. CO₂-freie Alternativen zu investieren.

Das hat sich im Verlauf der letzten Jahre geändert, s. Abb. 7-10. Nach einem offenbar auf die Corona-Welle zurückzuführenden Einbruch der Zertifikatspreise im März 2020 auf 15 €/t CO₂ wurde im Dezember 2020 mit 30 €/t CO₂ ein neues Allzeithoch erreicht.

CO₂-E

Angaben in
im EU-Emi

7-10:

Veränderung der CO₂-Preise im ETS, Dez. 2016 bis Dez. 2020; Quelle: EEX/FAZ

Zum Anstieg trägt ein finanztechnischer Effekt bei: Die Zertifikate werden frei gehandelt und dienen auch als Spekulationsobjekte. Das ist zwar nicht im Sinn des Systems, lässt sich aber kaum vermeiden. Bereits im Jahr 2019 wurde beobachtet, dass die Zertifikatumsätze das Produktionsvolumen deutlich überschritten und gewissermaßen auf Vorrat gekauft wurden.⁴ Auch zum jüngsten Anstieg hat offenbar der Blick in die Zukunft beigetragen: die neuen Klimaziele der EU für das Jahr 2030 lassen eine vorzeitige Verknappung der Zertifikate erwarten. Mit Blick hierauf kann es zum Jahresende 2020 zu kurzfristigen Korrekturen kommen.

Eine Ausweitung des EU-ETS über Anlagen und deren Betreiber hinaus ist denkbar. Trotz all der offenen Fragen hat auch die EU-Kommission die deutsche Idee eines Emissionshandels für Wärme und Verkehr für sich entdeckt. Im Rahmen der Zielverschärfung für 2030 ist die Kommission gezwungen, ihre eigenen Instrumente zu überprüfen und anzupassen. Eine Anhebung des Ziels um mehr als 25 % bedarf zudem neuer Instrumente. Der neu eingeführte deutsche Emissionshandel bietet aus Sicht der EU-Kommission eine mögliche Ergänzung zum bereits bestehenden EU-Emissionshandel.

7.2.4 Das nationale Emissionshandelssystem (nEHS)

Emissionen von Sektoren, die nicht durch den EU-Emissionshandel erfasst sind (z.B. Verkehr, Haushalte), sind bislang in nationaler Zuständigkeit verblieben. Es ist Angelegenheit der Einzelstaaten, hierfür eigene politische Maßnahmen zu ergreifen und Regelwerke zu verabschieden.

Ein Beispiel findet sich im 2019 verabschiedeten Klimapaket der deutschen Bundesregierung, zu dem auch das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) vom 12. Dezember 2019 gehört. Es sieht ein nationales Emissionshandelssystem vor, das sich auf national zulässige Jahresemissionsmengen stützt, die jetzt auch für die Sektoren Gebäude, Verkehr und Landwirtschaft und einen Zehnjahreszeitraum festgeschrieben werden, s. Abb. 7-11.

Jahresemissionsmenge in Mio. Tonnen CO ₂ - Äquivalent	2020	2021	2022
Energiewirtschaft	280		257
Industrie	186	182	177
Gebäude	118	113	108
Verkehr	150	145	139
Landwirtschaft	70	68	67
Abfallwirtschaft und Sonstiges	9	9	8

7-11:

Anlage 2 – Zulässige Jahresemissionsmengen (zu §4 des Bundes-Klimaschutzgesetzes und zur Änderung weiterer

Vorschriften); Quelle: BGBl. I S.2513

Grundgedanke war auch hier die Bepreisung von CO₂, die jetzt nicht beim Hersteller, sondern beim Versorger ansetzt, also bei den Lieferanten von Benzin, Diesel, Heizöl und Erdgas. Sie sollten nach einem Bund-Länder-Kompromiss vom Dezember 2019 in der ersten Stufe Verschmutzungsrechte pro Tonne erwartbarere CO₂-Emission erwerben, für die zunächst ein Festpreis von 25 € pro Tonne festgesetzt wird.¹

Der Preis soll schrittweise bis 2025 auf 55 € steigen. Erst danach soll der Preis der Verschmutzungsrechte sich innerhalb eines Korridors zwischen 55 € und 65 € über den freien Handel bilden und so durch Angebot und Nachfrage bestimmt werden.

In der Konsequenz wurde am 19. Dezember 2019 das Gesetz über einen nationalen Zertifikatehandel für Brennstoffemissionen (Brennstoffemissionshandelsgesetz – BEHG) verkündet, wodurch für Deutschland ein Emissionshandel für die Sektoren Wärme und Verkehr ab dem Jahr 2021 eingeführt wird. In der im Oktober 2020 verabschiedeten 1. Novelle des BEHG wurden der o.g. Startpreis für die Tonne CO₂ und auch die Steigerungsrate bestätigt sowie der Zeitpunkt des Starts auf den 1. Januar 2021 festgelegt.

Der wesentliche Steuerungsmechanismus besteht darin, dass das Umweltbundesamt als zuständige Behörde die Gesamtzahl der jährlich ausgegebenen Zertifikate im Hinblick auf das verfolgte Emissionsziel nach Abb. 7-11 festsetzt (cap) und damit sukzessive reduziert. Einzelheiten regelt

das erwähnte Brennstoffemissionshandelsgesetz, das auch Sanktionen vorsieht.

Die Teilnehmer an diesem dann beschränkt freien Handel sind die Unternehmen, die Kraft- und Heizstoffe in den Markt bringen. Das trifft Verbraucher jedoch unmittelbar, da die Unternehmen im Regelfall den CO₂-Aufschlag weitergeben werden: Heizen und Tanken etwa werden teurer, Benzin bzw. Diesel z.B. um rd. 10 bzw. 11 ct pro Liter.

Dass die Mehrbelastungen der Verkehrsteilnehmer und Hausbesitzer durch eine Reihe von Fördermaßnahmen wie Erhöhung der Pendlerpauschale, die Förderung energetischer Sanierung oder die Reduzierung der EEG-Zulage zumindest teilweise aufgefangen werden sollen, wird politisch als sozial notwendige Kompensation gesehen, verwässert jedoch den Grundgedanken, dass Klimaschutz kostet und von den Verursachern getragen werden müsste – unter Inkaufnahme dann notwendiger privater Einschränkungen. Die zahlreich vorgesehenen Förderungen werden jetzt den Bundeshaushalt belasten und Einschränkungen an anderer Stelle zur Folge haben, z.B. bei den öffentlichen Investitionen, oder zu Steuererhöhungen führen, die wiederum alle treffen.

Mit dem nEHS betritt Deutschland neues Land. Jedoch besteht die Erwartung, dass sich dieses Instrument in eine erwartete europäische Lösung einfügen wird. Die EU-Kommissionspräsidentin VON DER LEYEN hat sich bereits für einen Ausbau des europäischen Emissionshandels EU-ETS

auf die Bereiche Schifffahrt, Luftfahrt, Verkehr und Gebäude ausgesprochen, s. auch Kap. 7.2.3, Der Emissionshandel in der EU.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.