

# paul j. crutzen

---

herausgegeben von  
michael müller

---

mit einführungen u.a.  
von hans j. schellnhuber  
und klaus töpfer

# das anthropozän

schlüsseltexte des  
nobelpreisträgers für  
das neue erdzeitalter

 oekom

Bibliothek der Nachhaltigkeit

## **Bibliothek der Nachhaltigkeit**

*Eine Buchreihe des oekom e.V. in Kooperation mit dem oekom verlag,  
herausgegeben von Jacob Radloff und Dr. Manuel Schneider*

Anlässlich des 30-jährigen Verlagsjubiläums haben der oekom verlag und der oekom e.V. gemeinsam die »Bibliothek der Nachhaltigkeit« ins Leben gerufen. Die Reihe präsentiert Autorinnen und Autoren, die als Pioniere und Vordenkerinnen ihrer Zeit voraus waren und ungewöhnliche Wege des Denkens eröffnet haben. Ihre Texte liefern auch heute noch wichtige Impulse für die Diskussion und Praxis der Nachhaltigkeit, Transformation und Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft.

### **Beirat der Reihe**

Prof. Dr. Günther Bachmann

Ulrich Grober

Dr. Simone Müller

Dr. Barbara Muraca

Prof. Dr. Joachim Radkau

Prof. Dr. Wolfgang Sachs

Prof. Dr. Ernst Ulrich von Weizsäcker

# Inhalt

## *Einführungen*

---

Paul J. Crutzen – ein Jahrhundertmensch

*Michael Müller 11*

Crutzen und das neue Weltbild

*Hans Joachim Schellnhuber 61*

Die parlamentarische Demokratie im Anthropozän

*Klaus Töpfer 67*

Leben im Anthropozän

*Kai Niebert 73*

Die normative Wende im Anthropozän

*Volker Gerhardt 79*

## **Schlüsseltexte**

**Aus dem Werk Paul J. Crutzens**

---

Mein Leben mit O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> und anderen  
YZO<sub>x</sub>-Verbindungen

Nobel-Vortrag 93

Schutz der Ozonschicht – ein Beispiel  
gelungener Umweltpolitik 143

Auswirkungen eines Atomkrieges auf  
Klima und globale Umwelt 149

Die Geologie der Menschheit 171

Eine kritische Analyse der Gaia-Hypothese  
als Modell für die Wechselwirkung zwischen  
Klima und Biosphäre 175

Erdabkühlung durch Sulfatinjektion in die  
Stratosphäre 205

## *Zu Leben und Werk*

---

»Ich möchte dazu beitragen,  
dass es keine Scheinlösungen gibt.«

Ein Gespräch mit Paul J. Crutzen

*Michael Müller* 213

Dank des Herausgebers 223



# Einführungen

---



# Paul J. Crutzen – ein Jahrhundertmensch

*Michael Müller*

## In der Tradition Alexander von Humboldts

Paul J. Crutzen ist ein Jahrhundertmensch. Am 3. Dezember 1933 in Amsterdam geboren, entdeckte er früh sein Interesse an der Naturwissenschaft. Als ausgebildeter Ingenieur arbeitete er zunächst einige Jahre in Architektur- und Konstruktionsbüros, ehe er seiner naturwissenschaftlichen Neigung auch im akademischen Bereich nachging.

Paul Crutzen studierte Meteorologie in Stockholm, promovierte und habilitierte sich – und wurde ein Pionier der Atmosphärenchemie, ein Vordenker der Erdsystemforschung, ein weitblickender Wissenschaftler, ein verantwortungsbewusster Mahner und Wegbereiter eines neuen Denkens. Seine wissenschaftliche Neugier ist fast grenzenlos. In diesem Buch dokumentieren und kommentieren wir wichtige Teile seiner Arbeiten: zum Ozonabbau, zum »Nuklearen Winter«, zum Klimawandel, insbesondere zum Anthropozän sowie zur Gaia-Hypothese und zum Geoengineering. In allen diesen Bereichen hat Crutzen bahnbrechende Überlegungen angestellt.

Mit seinen Arbeiten steht Crutzen in der Tradition Alexander von Humboldts, der mit seinen Forschungen versuchte, »in der Mannigfaltigkeit die Einheit zu erkennen, die unter der Decke der Erscheinungen verhüllt liegt. [...] Um das Geschaffene im Himmel und auf Erden zu verstehen, muss die Erscheinung der Dinge in einem Zusammenhang gesehen werden.«<sup>1</sup> Humboldt, der vor 250 Jahren in Berlin geboren wurde, war ein großer Naturforscher mit einem weltweiten Wirkungsfeld. In seinem über einen Zeitraum von mehr als sieben Jahrzehnten entstandenen Gesamtwerk »Kosmos« schuf er »einen neuen Wissens- und Reflexionsstand des Wissens von der Welt«.

Humboldt sah die Natur als ein durch innere Kräfte bewegtes und belebtes Ganzes an. Er verstand Wissenschaft als einen dynamischen Prozess des Verstehens und der Aufklärung. Heute, in der globalen Epoche, ist ein neuer Wissensstand über die Zusammenhänge unserer Welt notwendig. Er muss von den industriellen Eingriffen in das Erdsystem ausgehen, ihre längerfristigen Wirkungen verstehen und die Grenzen der Belastbarkeit unseres Planeten beachten. Crutzens Arbeiten haben genau das immer wieder getan.

Crutzen ist in erster Linie Atmosphärenchemiker. Darauf aufbauend gehört zu seinen herausragenden Leistungen die Initiative, die heutige Erdepoche in einen geowissenschaftlichen Zusammenhang einzuordnen. Das Ergebnis ist das Konzept des Anthropozäns, also der Menschenzeit.<sup>2</sup> Danach ist die Erde in einen neuen Abschnitt eingetreten, für den in den letzten Millionen Jahren keine Entsprechung zu finden ist.<sup>3</sup> Insbesondere das Klima auf unserem Planeten wird in den kommenden Jahrtausenden signifikant von der natürlichen Entwicklung abweichen – infolge menschlichen Handelns. Die menschlichen Eingriffe haben die natürlichen Abläufe, das Erdsystem und mithin die Geologie unseres Planeten so sehr verändert, dass sie einen neuen erdgeschichtlichen Abschnitt konstituieren.

Für das Leben der Menschen bedeutet das: Die Ökologie ist zum limitierenden Faktor für die weitere Zukunft geworden. Dabei ist sie nicht allein durch einzelne Eingriffe in die Natur gefährdet, wie die Vernichtung von Wäldern oder Tier- und Pflanzenarten, und auch nicht allein durch Risikotechnologien wie die Atomkraft, deren radioaktives Erbe noch mehr als 40 000 Generationen überdauern kann. Vielmehr ist das menschliche Leben, und vielleicht das Leben an sich, schon durch das alltägliche Massenwachstum und den modularen Konsumstil existenziell gefährdet, die aus beherrschbaren Einzelrisiken kollektive Großgefahren machen, allen voran die Destabilisierung des Klimasystems durch die motorisierte Mobilität, die fossile Energieversorgung oder die industrielle Landwirtschaft.

Vor allem der reiche Teil der Erde lebt weit über seine Verhältnisse. Betrieben alle Länder einen solchen Raubbau an der Natur wie Katar, wäre der World-Overshoot-Day bereits am 9. Februar, mit

dem Verbrauch der USA wäre er am 15. März und in einem globalen Deutschland am 2. Mai. Nur der Ressourcenverbrauch einiger armer Länder wie Burundi, Eritrea oder Haiti steht im Einklang mit der Regenerationsfähigkeit unseres Planeten.<sup>4</sup>

Fest steht: Die Welt von morgen wird der Welt von heute weniger ähneln, als wir es uns überhaupt vorstellen können. Überlastung, Ausplünderung und Zerstörung der natürlichen Ressourcen machen in den Worten Siegfried Lenz' »das Ende des Lebens [...] vorstellbar«.<sup>5</sup> Von daher ist eine sozial-ökologische Transformation dringend notwendig, die sich am Leitziel der Nachhaltigkeit orientiert.

### Drei Botschaften

Crutzen datiert den Anfang des Anthropozäns auf Ende des 18. Jahrhunderts. Offiziell ist der Beginn, der sogenannte *Golden Spike*, den die Stratigraphische Kommission der Weltgesellschaft der Geologen festlegen wird, noch umstritten. Auf jeden Fall wurden mit der Industriellen Revolution die Eingriffe der Menschen in die Natur intensiver, schneller und umfangreicher. Mit der Globalisierung der Märkte, dem modularen Konsum, der Hyperindustrialisierung und ihrer Nachahmung in großen, bevölkerungsreichen Weltregionen sind auch die Effekte auf die natürliche Mitwelt eskaliert. Der Mensch zwingt die Evolution in neue Bahnen. Drei Erkenntnisse sind dabei zentral.

*Erstens:* Die päpstliche Öko-Enzyklika »Laudato si'«<sup>6</sup> zitiert das apostolische Schreiben »Octogesima adveniens«: »Infolge einer rücksichtslosen Ausbeutung der Natur läuft er [der Mensch] Gefahr, nicht nur sie [die Natur] zu zerstören, sondern auch selbst zum Opfer dieser Zerstörung zu werden« – als Folge der Wegwerf-»Kultur«, die unsere Welt zu einer einzigen Müllkippe macht, des maßlosen Verbrauchs an Wasser, an Energie und Rohstoffen, an Böden und biologischer Vielfalt, der die Lebensbedingungen auf der Erde ruiniert, sowie des leichtfertigen Einsatzes von Chemikalien, der Natur und Mensch vergiftet.

Damit steuert die Welt in rasantem Tempo auf einen Zeitpunkt zu, an dem Erderwärmung, Öl- und Wasserverknappung, der Zusammenbruch landwirtschaftlicher Systeme und das Wachstum von

Bevölkerung und Industrialisierung »negative Synergien auslösen werden, die jenseits unserer Vorstellungskraft liegen.«<sup>7</sup> Durch die Globalisierung der Umweltschädigungen hat auch das, was an einem Ende der Erde passiert, an ihrem anderen Ende Folgen. Dennoch bleiben die sozialen, ökologischen Auswirkungen anfangs zeitlich und räumlich ungleich verteilt. Die Hauptverursacher sind oftmals nicht die Hauptbetroffenen.

*Zweitens:* Bloß mehr Umweltschutz, so wichtig er ist, reicht nicht aus, die Tragfähigkeit des Erdsystems zu schützen, es geht um unsere Art zu wirtschaften und zu leben. Es gibt keine unterschiedlichen Krisen, die nebeneinander bestehen – eine der Umwelt, eine der Kultur, eine der Wirtschaft und eine der Gesellschaft –, sondern es gibt eine komplexe sozial-ökologische Krise, in der all diese Aspekte miteinander verwoben sind. Deshalb hat Papst Franziskus die Menschheit aufgerufen, die sozialen *und* ökologischen Grundlagen des Lebens zu schützen: »Wir kommen [...] nicht umhin anzuerkennen, dass ein wirklich ökologischer Ansatz sich immer in einen sozialen Ansatz verwandelt, der die Gerechtigkeit in die Umweltdiskussion aufnehmen muss, um die Klage der Armen ebenso zu hören wie die Klage der Erde.«<sup>8</sup>

*Drittens:* Es muss dringend zu einer sozial-ökologischen Transformation kommen, die auf Dauer die planetarischen Grenzen einhält und die Tragfähigkeit der Erde für das menschliche Leben bewahrt. Die vorherrschenden Lebensweisen, die Produktions- und Konsummodelle, das Wirtschaftssystem und die Machtstrukturen müssen so reformiert werden, dass eine gemeinwohlorientierte Entwicklung entstehen kann. Von zentraler Bedeutung ist dafür die Idee der Nachhaltigkeit, die Nah- und Fernethik, soziale und ökologische Gerechtigkeit, Innovationen und eine Kultur des Bewahrens miteinander verbindet. Für den Naturphilosophen Klaus Michael Meyer-Abich ist »das Erkennen des Ganzen der einzige Ausweg aus der Krise, in die die Menschheit geraten ist. [...] Nicht der Mensch ist das Maß aller Dinge, sondern immer nur in seinem Mitsein.«<sup>9</sup>

## *Grenzen des Menschenrechts auf Irrtum*

Durch den wirtschaftlichen Verwertungszwang und die enge Verbindung mit der maßlosen Nutzung fossiler Energien hatte die Menschheit noch nie so viel Macht über die eigene Zukunft wie heute. Die Idee des (technisch-ökonomischen) Fortschritts baut auf Versuch und Irrtum auf, legitimiert mit dem Ziel, das Leben der Menschen zu verbessern. Dass es bei diesem Menschenrecht auf Irrtum zu folgenreicheren Fehlern kommen kann, gehört zur Geschichte der Menschheit. Dennoch verdankt sie »fast alles, was der Mensch geworden ist, [...] der Irrtumsfähigkeit. [...] Aber die Möglichkeit des Irrtumslernens ist heute durch intolerante und fehlerfeindliche Großtechnik bedroht, die menschliches Versagen nicht zulässt.«<sup>10</sup>

Crutzen gehört zu den Naturwissenschaftlern, die sich mit den Folgen menschlichen Handelns in den Ökosystemen beschäftigen. Dem Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen können wir nur gerecht werden, wenn die Zusammenhänge verstanden werden, die Voraussicht über die Folgen menschlichen Handelns verbessert und die Demokratie gestärkt wird – national und international.

Daraus folgt, dass es eine individuelle wie gesellschaftliche Verantwortung des Menschen gibt, wie eine freiheitliche Ordnung auf Dauer organisiert werden muss. Diese Verantwortung tragen wir alle. Wir müssen sie wahrnehmen, denn angesichts der ökologischen Grenzen des Wachstums spitzt sich die Alternative zu: Das 21. Jahrhundert wird entweder ein Jahrhundert erbitterter Verteilungskämpfe und neuer Gewalt oder es wird ein Jahrhundert der Nachhaltigkeit. Im Sinne von Alexander von Humboldt und Paul J. Crutzen müssen wir die Zusammenhänge verstehen lernen – zum Guten wie zum Schlechten.

## **Die Zerstörung der Ozonschicht**

Am 10. Dezember 1995 wurde Paul J. Crutzen zusammen mit Mario Molina und Frank Sherwood Rowland vom schwedischen König mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet. Die drei Forscher hatten

entscheidenden Anteil daran, die chemischen Prozesse zu entschlüsseln, die zur Bildung und Zerstörung der Ozonschicht in der Stratosphäre führen. Erstmals wurde die höchste Ehrung für ein Umweltthema verliehen, gerade als die ungehemmte Emission ozonzerstörender Gase zur Achillesferse der Menschheit zu werden drohte.

Die Erdatmosphäre enthält kleine Mengen von Ozon – ein Gas, das aus drei Sauerstoffatomen ( $O_3$ ) besteht. Ozon ist für das Leben auf der Erde von grundlegender Bedeutung. Ohne den Ozonmantel ist menschliches Leben, so wie wir es kennen, nicht möglich. Er absorbiert die zellschädigende Ultraviolett-(UV-)Strahlung der Sonne im Wellenbereich bis 280 Nanometer und schwächt sie im Bereich bis 320 Nanometer stark ab.

Veränderungen der Ozonschicht im südpolaren Frühling fielen Forschern auf der antarktischen Halley-Forschungsstation bereits 1957 auf, ohne dass sie allerdings den Vorgang in seiner ganzen Dimension hätten erfassen können. Erst Crutzen entschlüsselte 1970 katalytische Prozesse, die oberhalb von 30 Kilometern Ozonmoleküle zerstören. Er fand heraus, dass Stickoxide aus dem Einsatz von Kunstdünger oder aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe den Abbau der stratosphärischen Schutzschicht verursachen können. Anfang der 1970er Jahre entdeckten Rowland und Molina, Chemiker an der University of California, dass vor allem FCKW-Moleküle die Ozonschicht schädigen. Nach Rücksprache mit Crutzen veröffentlichten sie 1974 ihre Hypothese. Von der chemischen Industrie wurde sie als reine Theorie abgetan und blieb zunächst folgenlos.

Dabei zeigten schon damals Messungen der britischen Halley-Forschungsstation einen deutlichen Abbau der Ozonschicht über dem Südpol, doch die Daten wurden längere Zeit zurückgehalten und erst 1985 veröffentlicht. Im September desselben Jahres erreichte eine weitere Schockmeldung aus dem Eislabor am Südpol die Weltöffentlichkeit: Die Forscher hatten beinahe ungläubig festgestellt, dass die Ozonschicht über der Hälfte des antarktischen Kontinents und einem großen Teil des Weddel-Meeress um 40 Prozent gegenüber 1979 abgenommen hatte. Crutzen gehörte zu den wenigen Menschen, denen sofort klar war, was passiert war. Am Ende der Polarnacht, die

am Südpol im September herrscht, war die Sonneneinstrahlung der Zündfunke für eine chemische Reaktion, die eingefrorenes Chlor freisetzte, das als Katalysator für die Ozonzerstörung wirkte.

## **Die Erdatmosphäre**

---

Die Menschheit lebt gleichsam auf dem Grund eines Luftmeeres, genannt Erdatmosphäre. Ähnlich den Ozeanen ist auch die Luft-hülle der Erde nicht statisch und gleichförmig, sondern unterliegt Veränderungen und komplizierten Wechselprozessen.

Abgesehen von variablen Beimischungen wie Wasserdampf besteht sie zu über 99 Prozent aus molekularem Stickstoff, Sauerstoff, dem Edelgas Argon und Kohlenstoff (Volumenverhältnis etwa 78:21:1:0,0035). Zudem existiert eine große Anzahl von Spurengasen, die trotz einer verschwindend geringen Konzentration von großer Bedeutung für die chemisch-atmosphärischen Prozesse sind. Das wichtigste dieser Gase ist Ozon.

### **Troposphäre (erdnahe Luftschicht)**

Die erdnahe Luftschicht, die für die Wetterbildung entscheidend ist, enthält 80 bis 90 Prozent der gesamten Luftmasse und fast den gesamten Wasserdampf. Wolken und Wasserkreislauf bilden sich in der Troposphäre.

Über dem Äquator reicht die Troposphäre bis in eine Höhe von circa 17 Kilometern, über den Polarregionen nur bis etwa acht bis zehn Kilometer Höhe. Mit zunehmender Höhe wird es in der Troposphäre kälter. Pro 1 000 Höhenmeter nimmt die Temperatur durchschnittlich um 6,5 Grad Celsius ab. An der Obergrenze der Troposphäre können Temperaturen bis zu minus 80 Grad Celsius erreicht werden. Die Grenze bildet die Tropopause.

### **Stratosphäre (ca. 15 bis 50 Kilometer Höhe)**

In der Stratosphäre sind 90 Prozent des gesamten Ozons der Atmosphäre konzentriert. Nach oben zur Stratopause hin wird es nicht mehr kälter, sondern wieder wärmer. Der Grund: In der oberen Stratosphärenregion wird die UV-Strahlung des Sonnenlichts durch die Ozonschicht absorbiert und in Wärme umgewandelt. Dadurch steigt die Temperatur in der Stratosphäre von minus 80 auf null Grad Celsius an.

Auf eine Million Luftteile kommen wenige Moleküle Ozon. Würde das gesamte Ozon unter dem Normaldruck bei null Grad Celsius zusammengedrückt, ergäbe sich eine Dicke von nur drei Millimetern. Ein Millimeter entspricht 100 Dobson Units, benannt nach dem britischen Physiker Gordon Dobson. Die mittlere globale Ozonkonzentration beträgt circa 300 Dobson Units.

Die Ozonschicht befindet sich über den mittleren Breiten in einer Höhe von circa 20 bis 45 Kilometern. Die UV-Filterfunktion des Ozons ist von großer Bedeutung, denn würde die energiereiche UV-Strahlung die Erdoberfläche erreichen, wäre sie eine große Bedrohung für das Leben.

Nachprüfungen bestätigten die dramatischen Messergebnisse. Zwei Jahre später, im Oktober 1987, war die Lage noch schlimmer. Die Ozonausdünnung erstreckte sich nun über die gesamte antarktische Landmasse. Durchschnittlich fehlten dort mehr als 50 Prozent des Schutzmantels.

Die Politik reagierte zwar erst spät, dann aber schnell. Am 22. März 1985 wurde das Wiener Übereinkommen zum Schutz der Ozonschicht beschlossen. Auf dieser Grundlage wurde am 16. September 1987 das Montreal-Protokoll beschlossen, das am 1. Januar 1989 in Kraft trat. Gegen den Widerstand der Industrie, die die preiswerten »Wundermittel« FCKW und Halone seit 1930 als Kältemittel in Kühlschränken, als Treibgas in Sprühdosen, bei der Herstellung von Schaumstoffen und in Reinigungs- und Lösungsmitteln einsetzte, kam es zum Verbot.

Distickstoffoxid ( $N_2O$ ) wurde allerdings nicht in das Montreal-Protokoll einbezogen. Durch die vermehrte Herstellung von Biokraftstoffen ist  $N_2O$  heute die bedeutendste Quelle ozonschädigender Emissionen. Dennoch stabilisiert sich die Ozonschicht inzwischen wieder. Um das Jahr 2050 sollte sie wieder hergestellt sein. Dieser umweltpolitische Erfolg basiert ganz wesentlich auf der Arbeit Paul Crutzens und seiner Mitstreiterinnen und Mitstreiter.

# Klimaschutz – Schutz der Erde

## *Die Gefahr einer Klimakatastrophe*

Paul J. Crutzen gehört weltweit zu den wichtigsten Erforschern des vom Menschen verursachten Klimawandels. Er engagierte sich in einer Vielzahl wissenschaftlicher Gremien, die sich mit dieser Menschheitsfrage beschäftigten. Die Ursachen der vom Menschen verursachten Erderwärmung liegen im trockenen Treibhauseffekt, insbesondere infolge der Emission von Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ) und Distickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), sowie in der Verstärkung des feuchten Treibhauseffekts zum Beispiel durch die aufsteigende Feuchte aus der Erwärmung der Ozeane.

In der Folge verändern sich der Energiehaushalt und die chemische Zusammensetzung der Troposphäre – und damit ihre Dynamik. Mit der veränderten Strahlungsbilanz schließen sich die »Atmosphärenfenster«, die Erde erwärmt sich. In der Folge nehmen insbesondere Wetterextreme, Dürre, Wüstenbildung, Überschwemmungen, Gletscherschmelzen oder der Anstieg des Meeresspiegels zu. Es wurde eine Unzahl von Rückkoppelungseffekten ausgelöst, die die Lebensgrundlagen des Menschen bedrohen.

$\text{N}_2\text{O}$ , über das Crutzen besonders intensiv geforscht hat, zeichnet sich durch ein relativ hohes Treibhauspotenzial mit einer mittleren atmosphärischen Verweildauer von 114 Jahren aus. Sein Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt beträgt derzeit rund sechs Prozent.

Im Zentrum der Klimadebatte steht allerdings  $\text{CO}_2$ . Eine erste Theorie der Erderwärmung durch die Freisetzung von Kohlendioxid entwickelte der schwedische Chemiker und Nobelpreisträger Svante Arrhenius bereits 1896. Heute wissen wir, dass  $\text{CO}_2$  den weitaus größten Anteil am anthropogenen Klimawandel hat, zum einen infolge der Verbrennung fossiler Brennstoffe, zum anderen infolge biogener Zerstörungen wie die Rodung der Tropenwälder, die Vernichtung der Moore oder die Ausplünderung und Überlastung der Böden.  $\text{CO}_2$  ist der Leitindikator, anhand dessen die Wirkung der anderen

Treibhausgase berechnet wird, deren Wirkungen in Intensität und Dauer zum Teil noch weit gravierender als die von CO<sub>2</sub> sind.

Die erste Weltklimakonferenz fand 1979 in Genf statt. Dort wurde das Weltklimaprogramm (WCP) beschlossen. In Modellrechnungen wurde bereits damals eine mittlere globale Erwärmung von zwei bis 3,5 Grad Celsius bis zum Ende unseres Jahrhunderts prognostiziert. Schon 1979 allerdings war klar, dass auch noch weitaus höhere Werte möglich wären. Aus den wissenschaftlichen Initiativen ging 1988 der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimaänderungen (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) hervor, der auch Weltklimarat genannt wird. Seitdem sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse immer breiter, präziser und auch gesicherter geworden. Die verheerenden Folgen des Klimawandels sind für viele Regionen und Sektoren mittlerweile selbst auf kleinräumiger Ebene ermittelt.

Während in den Anfangsjahren der Klimadebatte, ungefähr bis 1992, als der Erdgipfel in Rio de Janeiro stattfand, auch die Politik in wichtigen Industriestaaten wie den USA oder in Deutschland ehrgeizige Schutzziele vertreten hatte, die aber weitgehend folgenlos blieben, wollten viele Länder in den folgenden Jahren von ihren ursprünglichen Zusagen nichts mehr wissen. Je deutlicher wurde, welche Konsequenzen aus der Erderwärmung gezogen werden müssten, desto geringer wurde die Bereitschaft, das über Jahrzehnte scheinbar so erfolgreiche Bündnis zwischen Wirtschaftswachstum und fossilen Energieträgern aufzukündigen. Der offene und verdeckte Widerstand der Lobbygruppen und verantwortungslosen Ideologen gegen den Klimaschutz wurde stärker. Dass es 1992 dennoch gelang, auf dem Erdgipfel »Umwelt und Entwicklung« in Rio de Janeiro den Klimarahmenvertrag der Vereinten Nationen zu beschließen, mag auch daran gelegen haben, dass er zwar Ziele aufstellte, aber noch keine konkreten Reduktionsmaßnahmen vorsah.

So wurde in Rio zwar die Vorgabe formuliert, die Treibhausgasemissionen zügig und in einem solchen Umfang zu reduzieren, dass es nicht zu schwerwiegenden Schädigungen der Erdatmosphäre kommt. Passiert ist freilich wenig. Gleichwohl finden auf der Basis des Klimarahmenvertrags seitdem jährlich UN-Klimakonferenzen (Conference of the Parties – COP) statt. Am 11. Dezember 1997 wurde auf der COP 3

das Kyoto-Protokoll beschlossen, das nach dem Ausstieg der USA und dem massivem Widerstand wirtschaftlicher Interessenvertreter deutlich abgeschwächt im Jahr 2005 in Kraft trat und bis 2020 gilt. Danach begannen das Gefeilsche um die Kyoto-Verpflichtungen und der sukzessive Rückzug aus der Vereinbarung. Eine Zeit lang sah es so aus, als stünde das unausgegrenzte Vertragswerk auf der Kippe.

Als auf der COP 21 im Dezember 2015 das Pariser Abkommen beschlossen wurde, das ab 2020 das Kyoto-Protokoll ablösen wird, erblickten darin viele Beobachter einen Durchbruch der Klimadiplomatie. Unklar ist allerdings, ob dieser noch rechtzeitig gelang. Denn in den Tagen der Konferenz wurde bekannt, dass erstmals ein Anstieg der globalen Erwärmung um ein Grad Celsius gemessen wurde, wodurch die Erdtemperatur fast mit dem Maximum im Paläozän/Eozän vor rund 50 Millionen Jahren vergleichbar ist.

Das traurige Fazit in der Entwicklung der globalen Klimadiplomatie seit dem Erdgipfel 1992 ist, dass sich trotz aller öffentlichen Bekundungen und der jährlichen UN-Klimakonferenzen die CO<sub>2</sub>-Emissionen nahezu verdoppelt haben. Nach dem Rückzug der USA aus dem Pariser Abkommen und dem Unwillen der Regierungen, nicht zuletzt der deutschen, die wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Klimakrise in politisches Handeln umzusetzen, steht nicht zu erwarten, dass sich an dieser Entwicklung in nächster Zeit etwas ändert.

### *Der Widerspruch zwischen Wissen und Handeln*

In Deutschland wurde die öffentliche und politische Debatte über den Klimaschutz von der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages Schutz der Erdatmosphäre, der auch Paul J. Crutzen angehörte, begonnen.<sup>11</sup> In seinem ersten Bericht »Schutz der Erdatmosphäre«, der 1988 veröffentlicht wurde, beschäftigte sich das Gremium vor allem mit den Ozongefahren.<sup>12</sup> In der Folge kam es in Deutschland zum Verbot von Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW) und Halonen.

Mit dem zweiten Bericht »Schutz der Erde« von 1990 wurde die Kommission zum mutigen Vorreiter für einen engagierten Klimaschutz.<sup>13</sup> Ihre Aussagen und Empfehlungen prägten über mehr als ein

Jahrzehnt die Klimadebatte in Deutschland und fanden auch international eine große Anerkennung. Die Kommission legte in dem Bericht erste umfangreiche Szenarios zur Reduktion der Treibhausgase in den Sektoren Energie, Verkehr, Chemie und Landwirtschaft sowie beim Boden-, Moor- und Waldschutz vor.

Danach sollten die wärmestauenden Emissionen bis zum Jahr 2005 in den alten Bundesländern um mindestens 30 Prozent gegenüber 1990 gesenkt werden, in den neuen Ländern sogar um einen deutlich höheren Prozentsatz. Konkrete und umfangreiche Maßnahmenbündel zum Klimaschutz sahen auch eine Besteuerung des Energieeinsatzes vor. Eine stetig ansteigende Ökosteuer auf den Ressourceneinsatz wurde als notwendige, aber längst nicht hinreichende Bedingung angesehen, um die Erderwärmung zu stoppen. Die Kommission zeigte auch auf, welche Hemmnisse beim Klimaschutz zu erwarten sind, insbesondere Widerstände aus der Wirtschaft und fehlender Mut der Politik, das Notwendige durchzusetzen.

Die Kommission zeigte die Grundzüge einer internationalen Klimadiplomatie auf. Dafür wurden für Industrie-, Transformations-, Schwellen- und Entwicklungsländer konkrete Zielwerte für eine Senkung der Treibhausgase vorgeschlagen sowie eine globale Erwärmungsobergrenze von 1,5 Grad Celsius festgelegt. Dieses Ziel wurde erst 2015, also mit einer zeitlichen Verzögerung von 25 Jahren, im Pariser Übereinkommen zum angestrebten Ziel gemacht.

Wer heute den Hauptbericht der Klima-Enquete-Kommission von 1990 nachliest, dem wird sofort klar, wie weitreichend und hell-sichtig die Vorschläge damals bereits waren. Tatsächlich ging jedoch viel wertvolle Zeit verloren, die für den Klimaschutz hätte genutzt werden müssen. Das Erreichen der Ziele ist dadurch massiv erschwert worden. Die Zeit, die bleibt, um die Menschheit vor gravierenden Veränderungen im Erdsystem zu schützen, ist extrem knapp geworden. In vielen Bereichen sind Prozesse eingeleitet worden, die kurzfristig nicht mehr zu stoppen sind. Vergeblich war die Arbeit der Kommission dennoch nicht. Ohne sie wäre beispielsweise die Energiewende, so unzureichend sie bislang umgesetzt wird, nicht zum politischen Programm in Deutschland geworden.

Dabei hatte die Kommission Ende der 1980er Jahre den Vorteil, dass sich noch kein ernsthafter Widerstand formiert hatte. Und die aus den USA zu Anhörungen eingeflogenen Klimaskeptiker konnten schlicht nicht überzeugen. Damals sahen Atomlobbyisten im Klimawandel sogar eine Chance zur Wiederbelebung ihrer dahinsiechenden Branche. Das Argument, die nukleare Stromerzeugung sei CO<sub>2</sub>-neutral, wurde allerdings von keinem Mitglied der Klima-Enquete geteilt.<sup>14</sup>

### *Weichenstellungen zur Energiewende*

Eine klimaschonende Energiepolitik erfordert nach Ansicht der Kommission vielmehr eine strikte Ausrichtung auf die drei großen E:<sup>15</sup> Effizienzrevolution, Energieeinsparung und Erneuerbare Energien. Sie sind die entscheidenden Grundlagen klimaschonender Energiedienstleistungen. Dagegen wurden die »Systemzwänge« und die geringe Effizienz der Atomenergie als Hemmnis für den Umbau des Energiesystems gesehen: »Lösungswege versprechen keinen Erfolg, die nur auf eine Verschiebung zwischen den Energieträgern abzielen, statt einer weitgehenden Substitution von Energie durch Investitionen und technisches Wissen (Energiequelle Energieeinsparung) den Vorrang zu geben. Da sie notwendige und unabdingbare Voraussetzungen für die Bewältigung des Problems sind, kommt nach Meinung der Kommission bei allen Überlegungen daher der Energieeinsparung Priorität zu.«<sup>16</sup>

Paul Crutzen setzte sich in der Kommission für eine ehrgeizige, aber notwendige und machbare Reduktion der klimaschädlichen Gase gegenüber 1990 um 33 Prozent bis zum Jahr 2005 bei einem gleichzeitigen Ausstieg aus der Atomenergie ein. Diese Strategie, wäre sie umgesetzt worden, hätte erhebliche technologische Innovationen auslösen und den Verbrauchern nach kurzer Zeit auch finanzielle Vorteile bringen können. Nicht zuletzt war es Crutzens Verdienst, dass die Klima-Enquete des Bundestages engagierte, aber bis heute nicht eingelöste Antworten auf den anthropogenen Klimawandel gegeben hat.

**Paul J. Crutzen** ist einer der vielseitigsten Denker unserer Tage. In seinem umfangreichen Werk setzt er sich mit ökologischen Folgen menschlichen Handelns auseinander. Ob nuklearer Winter, globale Erwärmung oder Ozonabbau – die Gegenstände von Crutzens Forschung sind so vielfältig wie bedeutend. Aktuell wird er mit dem Begriff des »Anthropozän«, des menschengemachten Zeitalters, in Verbindung gebracht, den er wesentlich geprägt und in die Diskussion eingebracht hat.

Dieser Band versammelt Schlüsseltexte des Nobelpreisträgers sowie Einführungen in sein Werk von Michael Müller, Klaus Töpfer, Hans Joachim Schellnhuber, Kai Niebert und Volker Gerhardt.

Die *Bibliothek der Nachhaltigkeit* präsentiert Autorinnen und Autoren, die als Pioniere und Vordenkerinnen ihrer Zeit voraus waren und ungewöhnliche Wege des Denkens eröffnet haben. Ihre Texte liefern auch heute noch wichtige Impulse für die Diskussion und Praxis der Nachhaltigkeit, Transformation und Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft.