

CARL SAGAN



Gott und der tropfende Wasserhahn

Gedanken über
Mensch und Kosmos

DROEMER

Carl Sagan

Gott und der tropfende Wasserhahn

**Gedanken über
Mensch und Kosmos**

Aus dem Amerikanischen
von Michael Schmidt

Droemer

Originaltitel: Billions and Billions
Originalverlag: Random House, New York

Besuchen Sie uns im Internet:
www.droemer-weltbild.de

Die Folie des Schutzumschlags sowie die Einschweißfolie
sind PE-Folien und biologisch abbaubar. Dieses Buch wurde auf chlor- und
säurefreiem Papier gedruckt.



Copyright © 1997 by The Estate of Carl Sagan
Copyright © 2001 der deutschsprachigen Ausgabe
bei Droemersch Verlagshaus Th. Knaur Nachf. München
Alle Rechte vorbehalten. Das Werk darf – auch teilweise –
nur mit Genehmigung des Verlages wiedergegeben werden.

Umschlaggestaltung: Agentur Zero, München
Gestaltung und Herstellung: Josef Gall, Geretsried
Satz: Ventura Publisher im Verlag

Druck und Bindung: Wiener Verlag, Himberg

Printed in Austria

ISBN 3-426-27102-8

*Für meine Schwester Cari,
eine von sechs Milliarden*

Inhalt

Erster Teil

Macht und Schönheit des Quantifizierens

1	Milliarden und Abermilliarden.....	8
2	Das persische Schachbrett.....	19
3	Montagabend-Jäger.....	36
4	Gott und der tropfende Wasserhahn.....	50
5	Vier kosmische Fragen.....	72
6	So viele Sonnen, so viele Welten.....	85

Zweiter Teil

Was konservieren eigentlich Konservative?

7	Die Welt, die mit der Post kam.....	97
8	Die Umwelt - wo bleibt die Vernunft?.....	106
9	Krösus und Cassandra.....	120
10	Ein Stück Himmel fehlt.....	129
11	Die Falle - die Erwärmung der Welt.....	153
12	Wie entkommen wir der Falle?.....	184
13	Ein neues Bündnis von Religion und Wissenschaft.....	215

Dritter Teil

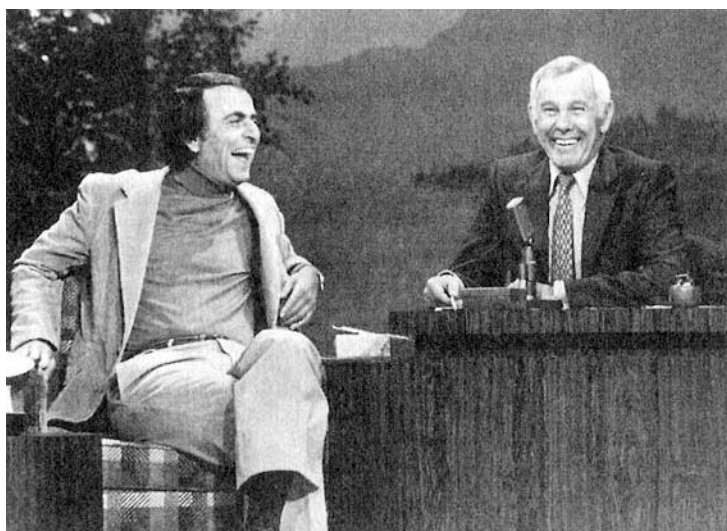
Herz kontra Verstand

14	Der gemeinsame Feind.....	234
15	Die Abtreibungsfrage: Kann man sowohl für die Erhaltung des Lebens als auch für die Wahl- freiheit sein (gemeinsam mit Ann Druyan)?..	258
16	Die Spielregeln.....	284
17	Gettysburg und die Gegenwart (gemeinsam mit Ann Druyan).....	304
18	Das 20. Jahrhundert.....	324
19	Im Tal der Schatten.....	340
Epilog (von Ann Druyan).....		354
Danksagung.....		364
Literaturhinweise.....		367

Erster Teil



Macht und Schönheit des Quantifizierens



Milliarden und Abermilliarden

»Da gibt es einige.... die glauben, daß die Anzahl der Sandkörner unendlich sei.... Da gibt es andere, die sie zwar nicht für unendlich halten, doch glauben, daß es noch keinen Namen für eine Zahl gibt, die groß genug ist.... Aber ich werde euch Zahlen zeigen, die nicht nur die Zahl der Sandkörner übersteigen, die einer Sandmasse entspricht, mit welcher die Erde aufgefüllt werden könnte.... sondern Zahlen, die die Zahl der Sandkörner übertreffen, mit denen das Universum aufgefüllt werden könnte.«

Archimedes (um 285-212 v. Chr.),
Der Sandrechner

Ich hab's nie gesagt. Ehrlich. In Wirklichkeit habe ich gesagt: Vielleicht gibt es 100 Milliarden Galaxien und zehn Milliarden Billionen Sterne. Es ist schwierig, über den Kosmos zu reden, ohne große Zahlen zu verwenden. In der amerikanischen Fernsehserie *Cosmos*, die sich sehr viele Menschen angeschaut haben, habe ich immer wieder das Wort »Milliarde« gebraucht. Aber ich habe niemals »Milliarden und Abermilliarden« gesagt, denn das ist mir zu ungenau. Wie viele Milliarden sind denn eigentlich »Milliarden und Abermilliarden«? Ein paar Milliarden? 20

Milliarden? 100 Milliarden? »Milliarden und Abermilliarden« ist doch ziemlich vage. Als wir die Serie neu überarbeiteten und auf den aktuellsten Stand brachten, habe ich genau aufgepaßt -und tatsächlich: Ich habe es nie gesagt.

Aber Johnny Carson – in dessen *Tonight Show* ich im Laufe der Jahre fast dreißigmal aufgetreten bin –, der hat es gesagt: Er hat sich eine Kordjacke und einen Rollkragenpullover angezogen und eine mopartige Perücke aufgesetzt. Er hat mich billig imitiert, ist im Nachtprogramm als eine Art Doppelgänger aufgetreten und hat immer wieder gesagt: »Milliarden und Abermilliarden«. Früher hat es mich ein wenig geärgert, daß ein Abklatsch von mir frei herumlief und Dinge sagte, die mir Freunde und Kollegen am nächsten Tag berichteten. (Trotz der Verkleidung ließ Carson – übrigens ein ernsthafter Amateurastronom – meine Imitation oft echte wissenschaftliche Aussagen von sich geben.)

Erstaunlicherweise blieb die Formel »Milliarden und Abermilliarden« hängen. Die Leute hörten sie so gern. Sogar heute noch werde ich auf der Straße, im Flugzeug oder auf einer Party von Wildfremden ein wenig schüchtern gefragt, ob ich nicht mal – nur für sie – »Milliarden und Abermilliarden« sagen könnte.

»Wissen Sie, ich hab' das doch nie gesagt«, erkläre ich dann. »Macht nichts«, erwidern sie. »Sagen Sie's trotzdem.« Wie ich gehört habe, soll Sherlock Holmes nie gesagt haben: »Elementar, mein lieber Watson« (zumindest nicht in den Büchern von Arthur Conan Doyle), Jimmy Cagney hat niemanden »Du schmutzige Ratte« genannt, und auch Humphrey Bogarts berühmter Spruch »Mach's noch einmal,

Sam« ist wohl nie gefallen. Aber sie hätten es genausogut gesagt haben können, denn diese Apokryphen haben sich unauslöschlich in die populäre Kultur eingeschlichen.

Noch immer werde ich mit dieser einfältigen Formel in Computerzeitschriften (»Wie Carl Sagan sagen würde: Milliarden und Abermilliarden von Bytes sind erforderlich...«), in ökonomischen Zeitungsartikeln, in Diskussionen über die Einkünfte von Profisportlern und bei ähnlichen Gelegenheiten zitiert. Eine Zeitlang wollte ich aus kindischer Gekränktheit heraus diesen Ausdruck weder in den Mund nehmen noch niederschreiben, selbst wenn ich darum gebeten wurde. Aber darüber bin ich mittlerweile hinweggekommen. Hier also nochmals zum Mitlesen:

»Milliarden und Abermilliarden.«

Was macht »Milliarden und Abermilliarden« eigentlich so beliebt? Früher einmal haben »Millionen« für eine große Zahl gestanden. Die ganz Reichen waren Millionäre. Die Erdbevölkerung zur Zeit von Jesus Christus betrug vielleicht 250 Millionen Menschen. Zur Zeit des Verfassungskonvents von 1787 gab es fast vier Millionen Amerikaner – zu Beginn des Zweiten Weltkriegs waren es 132 Millionen. Von der Erde bis zur Sonne sind es 150 Millionen Kilometer. Rund 40 Millionen Menschen wurden im Ersten Weltkrieg getötet, im Zweiten Weltkrieg rund 60 Millionen. Ein Jahr dauert 31,55 Millionen Sekunden, was sich leicht nachrechnen läßt. Die globalen Kernwaffenarsenale enthielten Ende der achtziger Jahre ein Sprengkraftäquivalent, das ausgereicht hätte, Hiroshima einmillionenmal zu vernichten. Für viele

Zwecke und für lange Zeit war die »Million« die große Zahl schlechthin.

Aber die Zeiten haben sich geändert. Inzwischen gibt es auf der Welt einen ganzen Haufen von Milliarden – und nicht nur wegen der Inflation. Das Alter der Erde dürfte ziemlich genau 4,6 Milliarden Jahre betragen. Die Weltbevölkerung zählt inzwischen sechs Milliarden Menschen. Bei jedem unserer Geburtstage haben wir wieder eine weitere Milliarde Kilometer um die Sonne zurückgelegt (die Erde bewegt sich viel schneller um die Sonne, als sich die *Voyager*-Raumsonde von der Erde wegbewegt). Vier B-2-Bomber kosten eine Milliarde Dollar – manche Leute behaupten, zwei oder sogar vier Milliarden. Der US-Verteidigungshaushalt beträgt unter Einbeziehung aller versteckten Kosten über 300 Milliarden Dollar im Jahr. Die Zahl der unmittelbaren Todesopfer bei einem totalen Atomkrieg zwischen den USA und Rußland wird auf rund eine Milliarde geschätzt. Auf wenigen Zentimetern drängen sich eine Milliarde Atome. Und dann sind da noch all diese Milliarden von Sternen und Galaxien.

1980, als die *Cosmos*-Fernsehserie zum ersten Mal gezeigt worden war, da waren die Menschen reif für Milliarden. Schlichte Millionen waren ein bißchen mickrig, altmodisch, knickrig geworden.

Es gibt einen alten Witz über den Referenten im Planetarium, der seinem Publikum erklärt, die Sonne werde in fünf Milliarden Jahren so anschwellen, daß sie ein aufgeblähter Roter Riese sein werde, der die Planeten Merkur und Venus und schließlich vielleicht sogar die Erde verschlingen werde. Anschließend wagt sich ein ängstlicher Zuschauer zu dem

Referenten vor. »Entschuldigen Sie, Herr Doktor, haben Sie gesagt, die Sonne werde die Erde in fünf Milliarden Jahren verbrennen?«

»Ja, mehr oder weniger.«

»Gott sei Dank. Einen Augenblick lang habe ich gedacht, Sie hätten fünf Millionen gesagt.«

Ob es fünf Millionen oder fünf Milliarden sind, ist für unser Privatleben kaum von Belang, so interessant das Schicksal der Erde letztlich sein mag. Um so wichtiger ist der Unterschied zwischen Millionen und Milliarden, wenn es um Größenordnungen wie den Staatshaushalt, die Weltbevölkerung und die Zahl der Atomkriegsopfer geht.

Doch während die Formel »Milliarden und Abermilliarden« noch immer nicht an Beliebtheit eingebüßt hat, erscheinen uns diese Zahlen inzwischen auch ein wenig beschränkt, schmalspurig und überholt. Eine viel schickere Zahl ist mittlerweile am Horizont aufgetaucht oder sogar schon näher gerückt. Die Billion steht vor der Tür!

Die weltweiten Ausgaben für die Verteidigung betragen inzwischen fast eine Billion Dollar im Jahr. Die Gesamtverschuldung aller Entwicklungsländer gegenüber westlichen Banken nähert sich zwei Billionen Dollar (gegenüber 60 Milliarden Dollar im Jahre 1970). Auch der Jahreshaushalt der US-Regierung geht auf die zwei Billionen Dollar zu. Die Verschuldung der USA beträgt rund fünf Billionen Dollar. Die Kosten des während der Reagan-Ära konzipierten, technisch fragwürdigen *Star-Wars-Projekts* wurden auf ein bis zwei Billionen Dollar geschätzt. Alle Pflanzen auf der Erde wiegen etwa eine Billion Tonnen. Sterne und Billionen sind auf

natürliche Weise miteinander verbunden: Die Entfernung von unserem Sonnensystem zum nächsten Fixstern, Alpha Centauri, beträgt etwa 40 Billionen Kilometer. Im Alltagsleben herrscht noch immer große Verwirrung im Hinblick auf Millionen, Milliarden und Billionen, und kaum eine Woche vergeht ohne ein entsprechendes Durcheinander in den Fernsehnachrichten, denn generell werden Millionen und Milliarden durcheinandergebracht. Vielleicht darf ich hier kurz auf den Unterschied eingehen: Eine Million ist soviel wie 1000 mal 1000 oder eine Eins mit sechs Nullen; eine Milliarde sind 1000 Millionen oder eine Eins mit neun Nullen; und eine Billion sind 1000 Milliarden (oder auch eine Million Millionen) oder eine Eins mit zwölf Nullen.

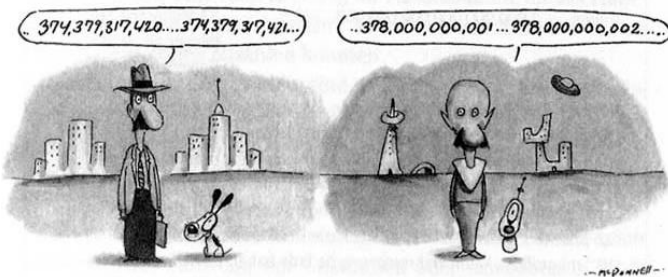
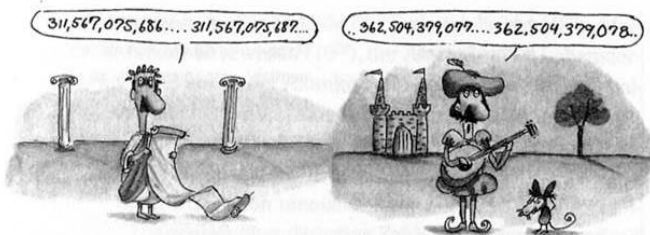
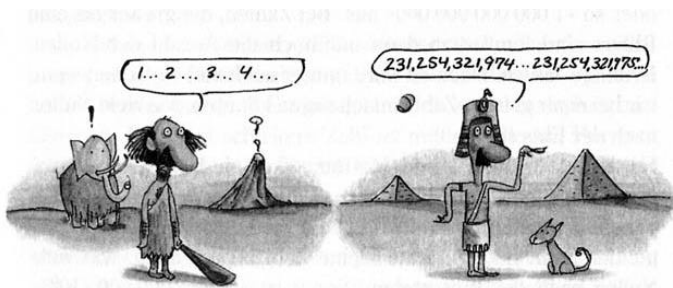
Auf unzweideutige Weise läßt sich somit feststellen, von welcher Zahl die Rede ist, wenn man die Nullen nach der Eins zählt. Allerdings kann das bei vielen Nullen schnell langweilig werden. Daher setzt man Punkte oder Leerstellen nach jeder Dreiergruppe von Nullen. Eine Billion sieht dann also so »1.000.000.000.000« oder so »1.000.000.000.000« aus. Bei Zahlen, die größer als eine Billion sind, muß man dann nur noch die Anzahl der Nullen-Drillinge zählen. Doch es wäre immer noch viel einfacher, wenn wir bei einer großen Zahl einfach sagen könnten, wie viele Nullen nach der Eins stehen.

Naturwissenschaftler und Mathematiker sind praktisch veranlagte Menschen, und sie tun genau dies. Man nennt das die Exponentialnotation. Man schreibt die Zahl 10 hin, und eine hinter der Zehn hochgestellte kleine Zahl besagt dann, wie viele Nullen nach der Eins stehen. Somit ist $10^6 =$

1.000.000, $10^9 = 1.000.000.000$, $10^{12} = 1.000.000.000.000$ und so weiter. Die hochgestellten kleinen Zahlen nennt man Exponenten oder Potenzen. 10^9 beispielsweise heißt »zehn in der neunten Potenz« oder »zehn hoch neun« (nur bei 10^2 spricht man auch von »zehn zum Quadrat«). Diese Formulierung »in der soundsovielten Potenz« hat sich – wie »Parameter« und eine Reihe anderer wissenschaftlicher und mathematischer Begriffe – schon in die Alltagssprache eingeschlichen, wobei aber die Bedeutung zunehmend unklar geworden ist.

Außer der Klarheit hat die Exponentialnotation auch noch einen wunderbaren Nebeneffekt: Man kann zwei Zahlen einfach multiplizieren, indem man die entsprechenden Exponenten zusammenzählt. Somit ist 1000 mal 1 000.000.000 gleich $10^3 \times 10^9 = 10^{12}$. Oder nehmen wir zwei größere Zahlen: Wenn es in einer normalen Galaxis 10^{11} Sterne und insgesamt 10^{11} Galaxien gibt, dann gibt es 10^{22} Sterne im Kosmos.

Der folgende Kasten enthält die ersten sechs großen Zahlen mit einem eigenen Namen. Jede Zahl ist tausendmal größer als die vorhergehende. Die Namen von Zahlen, die größer als eine Billion sind, werden fast nie verwendet. Wenn man in jeder Sekunde, Tag und Nacht, eine Zahl aufsagt, würde man mehr als eine Woche benötigen, um von eins bis zu einer Million zu zählen. Für eine Milliarde brauchte man die Hälfte seines Lebens. Und selbst wenn man so alt wie das Universum wäre, wäre man noch nicht bis zu einer Trillion gelangt.



Name	Zahl (ausgeschrieben)	Zahl (Exponentialnotation)	Solange würde es dauern, von null bis zu dieser Zahl zu zählen
Eins	1	10^0	1 Sekunde
Tausend	1000	10^3	17 Minuten
Million	1000000	10^6	12 Tage
Milliarde	1000000000	10^9	32 Jahre
Billion	1000000000000	10^{12}	32000 Jahre
Billiarde	1000000000000000	10^{15}	32 Millionen Jahre
Trillion	1000000000000000000	10^{18}	32 Milliarden Jahre

Sobald man die Exponentialnotation beherrscht, kann man mühelos mit riesigen Zahlen umgehen, wie etwa mit der ungefähren Anzahl von Mikroben in einem Teelöffel voll Erde (10^8) oder der Gesamtzahl Sandkörner aller Strände der Erde (vielleicht 10^{20}). Man kann die Zahl aller Lebewesen (10^{29}), der Atome in allen Lebensformen auf der Erde (10^{41}), der Atomkerne in der Sonne (10^{57}) oder aller Elementarteilchen (Elektronen, Protonen, Neutronen)

im gesamten Kosmos (10^{80}) abschätzen. Das heißt allerdings nicht, daß man sich eine Milliarde oder eine Trillion Gegenstände im Kopf vorstellen kann – das kann niemand. Aber mit Hilfe der Exponentialnotation können wir über derartige Zahlen nachdenken und mit ihnen rechnen. Eine reife Leistung für Autodidakten, die als Habenichtse begonnen haben und ihre Mitlebewesen zunächst nur an Fingern und Zehen abzählen konnten.

Die wirklich großen Zahlen sind aus der modernen Naturwissenschaft nicht wegzudenken; aber ich möchte doch nicht den Eindruck erwecken, als seien sie erst in unserer Zeit erfunden worden.

Die indische Mathematik etwa arbeitet seit langem schon mit großen Zahlen. In indischen Zeitungen findet man auch heute noch immer wieder Hinweise auf Geldbußen oder Ausgaben in Lakh oder Crore-Rupien. Dabei bedeuten: das = 10, san = 100, hazar = 1000, lakh = 10^5 , crore = 10^7 , arabh = 10^9 , carabh = 10^{11} , nie = 10^{13} , padham = 10^{15} und sankh = 10^{17} . Bevor ihre Kultur von den Europäern ausgelöscht wurde, hatten die Maya im alten Mexiko eine Weltzeittafel aufgestellt, neben der sich die paar tausend Jahre, die nach Rechnung der Europäer seit der Erschaffung der Welt vergangen waren, lächerlich gering ausnehmen. In den verfallenden Denkmälern von Coba in Quitana Roo hat man Inschriften gefunden, aus denen hervorgeht, daß die Maya annahmen, das Universum wäre rund 10^{29} Jahre alt. Die Hindus hielten die gegenwärtige Inkarnation des Universums für $8,6 \text{ mal } 10^9$ Jahre alt – und das kommt unseren derzeitigen wissenschaftlichen Annahmen ziemlich nahe. Und der im dritten

Jahrhundert vor Christus auf Sizilien lebende Mathematiker Archimedes hat in seiner Schrift *Der Sandrechner* geschätzt, um den Kosmos zu füllen, seien 10^{63} Sandkörner erforderlich. Wenn es um die wirklich großen Fragen ging, waren schon damals Milliarden und Abermilliarden nur Kleinigkeiten.

Das persische Schachbrett

»Es kann keine Sprache geben, die universal und einfacher sowie freier von Irrtümern und Unklarheiten ist, das heißt, die würdiger ist, die unveränderlichen Beziehungen zwischen den natürlichen Dingen auszudrücken.... [Die Mathematik] ist offenkundig eine Fähigkeit des menschlichen Verstands, die dazu bestimmt ist, die Kürze des Lebens und die Unvollkommenheit der Sinne zu ergänzen.«

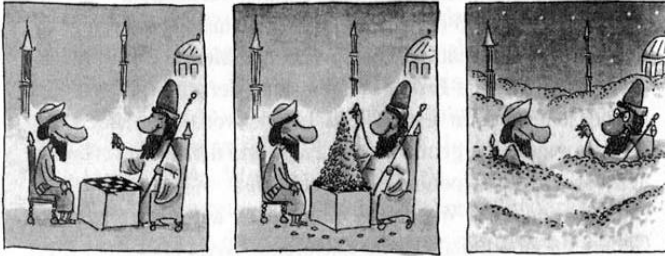
Joseph Fourier,
Analytische Wärmetheorie,
 Einleitende Abhandlung (1822)

Als ich die Geschichte zum ersten Mal hörte, hieß es, sie habe sich im alten Persien zugetragen. Aber es kann auch in Indien oder sogar in China gewesen sein. Jedenfalls hat sie sich vor langer Zeit zugetragen. Der Großwesir, der oberste Ratgeber des Königs, hatte ein neues Spiel erfunden. Es wurde mit beweglichen Figuren auf einem quadratischen Brett gespielt, das in 64 rote und schwarze Quadrate eingeteilt war. Die wichtigste Figur war der König. Die zweitwichtigste Figur war der Großwesir, aber das versteht sich ja von selbst bei einem Spiel, das von einem Großwesir erfunden wurde. Ziel des Spiels war es, den gegnerischen König gefangenzunehmen, und daher wurde das Spiel auf persisch *Shahmat* genannt – nach *Shah* für

König und *mat* für tot. Tod dem König. Im Russischen heißt es heute noch *Schachmaty*, ein Name, der vielleicht einen revolutionären Beigeschmack enthält. Selbst im Deutschen klingt der alte Name an: Der letzte Zug heißt »schachmatt«. Gemeint ist natürlich das Schachspiel. Im Laufe der Zeit haben sich die Figuren, ihre Züge und die Spielregeln weiterentwickelt; so gibt es beispielsweise keinen Großwesir mehr – er wurde in eine Dame umgewandelt, die über viel gewaltigere Kräfte verfügt.

Warum sich ein König an der Erfindung eines Spiels ergötzen soll, das »Tod dem König« heißt, bleibt ein Rätsel. Aber – so die Geschichte – er war so erfreut darüber, daß er den Großwesir aufforderte, seinen Lohn für diese herrliche Erfindung selbst zu bestimmen. Der Großwesir hatte sich seine Antwort schon zurechtgelegt: Er sei ein bescheidener Mensch, erklärte er dem Schah. Er wünsche sich auch nur einen bescheidenen Lohn. Er wies auf die acht waagrechten und die acht senkrechten Reihen von Feldern auf dem Brett und bat darum, man möge ihm ein einzelnes Weizenkorn auf das erste Feld geben, zweimal soviel auf das zweite Feld, wieder zweimal soviel auf das dritte und so weiter, bis jedes Feld die entsprechende Menge Weizenkörner enthalte. Nein, wehrte der König ab, dies sei doch ein gar zu bescheidener Lohn für eine so wichtige Erfindung. Er bot dem Großwesirjuwelen, Tänzerinnen, Paläste an. Aber der Großwesir senkte den Blick züchtig und wies alles zurück. Er erbitte sich nichts weiter als diese kleinen Häufchen Weizen. Der König willigte schließlich ein, wobei er sich insgeheim über die

Bescheidenheit und Zurückhaltung seines Ratgebers wunderte. Doch als der Gebieter über die königlichen Kornkammern die Körner zu verteilen begann, erwartete den König eine

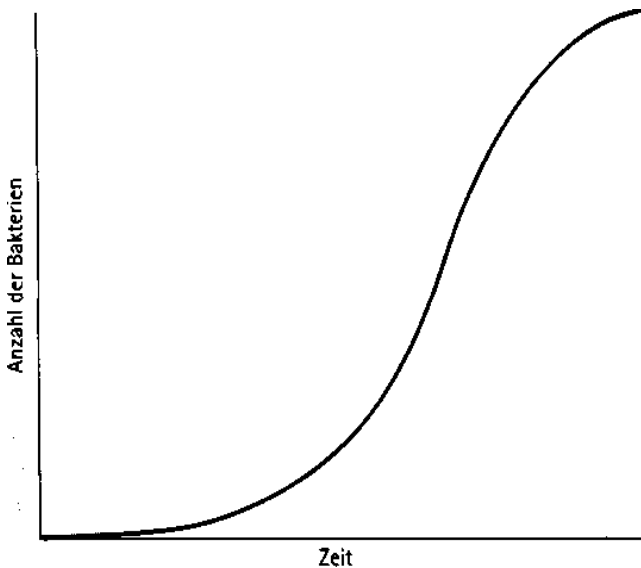


unangenehme Überraschung. Zunächst ist die Zahl der Körner nämlich recht bescheiden: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024.... aber wenn sie sich dem 64. Feld nähert, wird sie unglaublich groß. Konkret beträgt die Anzahl der Weizenkörner insgesamt fast 18,5 Trillionen. Vielleicht bevorzugte der Großwesir ja eine ballaststoffreiche Ernährung.... Wieviel wiegen 18,5 Trillionen Weizenkörner? Wenn jedes Korn nur einen Millimeter groß ist, dann wiegen alle Körner zusammen rund 75 Milliarden Tonnen, und das ist bei weitem mehr, als in den Kornkammern des Schahs hätte gespeichert werden können. Es entspricht nämlich etwa dem Hundertfünzigfachen der gegenwärtigen Jahresproduktion von Weizen auf der ganzen Welt. Leider ist nicht überliefert, was nun geschah. So erfahren wir bedauerlicherweise nicht, ob sich der derart ins Hintertreffen geratene König vorwarf, beim Mathematikunterricht nicht richtig aufgepaßt zu haben, und dem Wesir das Königreich übergab oder ob letzterer die Regeln eines neuen Spiels namens *Wesirmatt* am eigenen Leib erfuhr.

Die Geschichte vom persischen Schachbrett ist vielleicht nichts weiter als ein Märchen. Aber die alten Perser und Inder waren geniale Pioniere der Mathematik und kannten die riesigen Zahlen, die sich ergeben, wenn man immer weiter verdoppelt. Wäre das Schachspiel mit 100 (10 mal 10) statt 64 (8 mal 8) Feldern erfunden worden, dann hätte die entsprechende Menge Weizenkörner genausoviel wie die Erde gewogen. Eine derartige Zahlenfolge, bei der jede Zahl ein festes Vielfaches der vorhergehenden Zahl ist, nennt man eine geometrische Folge und den damit verbundenen Vorgang ein exponentielles Wachstum. Ein exponentielles Wachstum erleben wir auf allen möglichen Gebieten – zum Beispiel beim Zinseszins. Wenn etwa einer Ihrer Ahnen vor 200 Jahren zehn Dollar für Sie auf die Bank gelegt hätte und dieses »Kapital« jährlich mit fünf Prozent verzinst worden wäre, dann würde der heutige Kontostand $10 \text{ Dollar} \times 1,05^{200}$ oder 172.925,81 Dollar betragen. Aber nur wenige denken so weitsichtig an das Vermögen ihrer fernen Nachkommen, und damals waren zehn Dollar eine Menge Geld. Hätte übrigens jener Vorfahre einen Zinssatz von sechs Prozent bekommen, besäßen Sie heute über eine Million Dollar, bei sieben Prozent über 7,5 Millionen und bei einem Wucherzins von zehn Prozent ordentliche 1,9 Milliarden Dollar.

Genauso verhält es sich natürlich auch bei der Inflation. Wenn die Inflationsrate fünf Prozent pro Jahr beträgt, dann ist ein Dollar nach einem Jahr nur noch 0,95 Dollar wert, $0,95^2 = 0,91$ Dollar nach zwei Jahren, 0,61 Dollar nach zehn, 0,37 nach zwanzig Jahren und so weiter.

Am häufigsten findet die wiederholte Doppelung und damit das exponentielle Wachstum bei der biologischen Fortpflanzung statt. Nehmen wir zunächst den einfachen Fall einer Bakterie, die sich durch einfache Teilung fortpflanzt. Nach einer Weile teilt sich auch jede der beiden Tochterbakterien. Solange es in der Umwelt genug Nahrung und keine Gifte gibt, wird die Bakterienkolonie exponentiell anwachsen. Unter sehr günstigen Umständen kann es etwa alle fünfzehn Minuten eine Verdoppelung geben. Das ergibt vier Verdoppelungen in der Stunde und 96 Verdoppelungen am Tag. Obwohl eine Bakterie nur ein billionstel Gramm wiegt, werden ihre Nachkommen, nach einem Tag wilder, wenn auch asexueller Hemmungslosigkeit, als Kollektiv soviel wie ein Berg wiegen – nach etwas mehr als anderthalb Tagen soviel wie die Erde, in zwei Tagen mehr als die Sonne.... Und über kurz oder lang wird das ganze Universum aus Bakterien bestehen. Das ist keine sehr gute Aussicht, doch zum Glück wird das nie geschehen. Warum nicht? Weil ein derartiges exponentielles Wachstum stets auf irgendein natürliches Hindernis stößt. Den Bakterien geht die Nahrung aus, oder sie vergiften einander, oder sie scheuen sich vor der Fortpflanzung, wenn sie so gut wie kein Privatleben haben. Ihr exponentielles Wachstum kann sich nicht ewig fortsetzen, weil sie alles verschlingen. Und lange bevor dies passiert, stoßen sie auf irgendein Hindernis. Die Exponentialkurve verflacht (siehe Zeichnung).



Das ist ein Charakteristikum, das von großer Bedeutung für die Ausbreitung von Aids ist. Derzeit wächst die Zahl der Erkrankten in vielen Ländern noch immer exponentiell. Die Verdoppelungszeit beträgt etwa ein Jahr. Das heißt, jedes Jahr gibt es zweimal so viele Aids-Fälle wie im Jahr zuvor. Aids hat bereits verheerend viele Opfer gefordert. Würde die Seuche weiter exponentiell zunehmen, wäre dies eine beispiellose Katastrophe. In zehn Jahren gäbe es tausendmal mehr Aids-Fälle, in 20 Jahren einmillionenmal mehr. Aber das Einmillionenfache der Anzahl von Menschen, die bereits an Aids erkrankt sind, übertrifft bei weitem die Gesamtzahl aller Menschen auf der Erde. Wenn es keine natürlichen Hindernisse für die fortgesetzte alljährliche Verdoppelung von Aids gäbe und die Krankheit unweigerlich tödlich enden (und kein

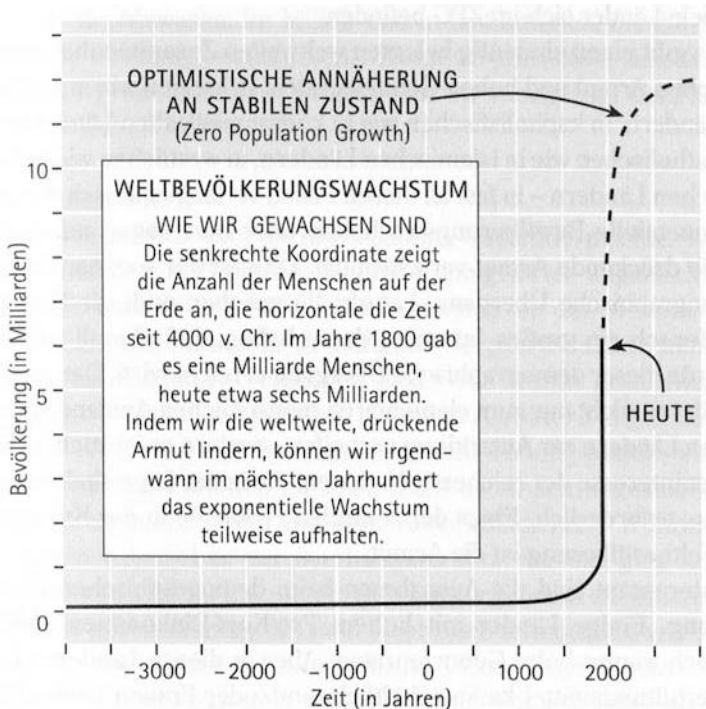
Heilmittel gefunden) würde, dann würde jeder Mensch auf der Erde an Aids sterben, und zwar bald. Allerdings sind manche Menschen anscheinend auf natürliche Weise gegen Aids immun. Außerdem hatte sich – laut dem Communicable Disease Center des US-Gesundheitsamts – die Verdoppelung in Amerika anfänglich fast ausschließlich auf anfällige Gruppen beschränkt, die von der übrigen Bevölkerung sexuell weitgehend isoliert waren – insbesondere männliche Homosexuelle, Bluter und an der Spritze hängende Drogenabhängige. Wenn kein Heilmittel für Aids gefunden wird, dann werden die meisten dieser Drogenabhängigen, die ihre Spritzen miteinander teilen, sterben – nicht alle zwar, weil ein kleiner Prozentsatz von Menschen auf natürliche Weise resistent ist, aber fast alle. Das gleiche gilt für homosexuelle Männer, die mit vielen Partnern ungeschützt sexuell verkehren – aber nicht für jene, die verantwortungsbewußt Kondome verwenden oder langjährige monogame Beziehungen haben. Ebenfalls ausgeschlossen ist auch hier die kleine Gruppe, die auf natürliche Weise immun ist. Strikt heterosexuelle Paare in langfristigen monogamen Beziehungen, die bis in die frühen achtziger Jahre zurückreichen, oder Paare, die bewußt Safer Sex praktizieren und keine Spritzen miteinander teilen – und davon gibt es viele –, sind von Aids praktisch nicht betroffen.

Wenn sich die Kurven für die am meisten gefährdeten demographischen Gruppen abflachen, werden andere an ihre Stelle treten – gegenwärtig sind es in Amerika anscheinend junge Heterosexuelle beiderlei Geschlechts, denen die Leidenschaft vielleicht den Verstand trübt und die ungeschützten Sex

praktizieren. Viele von ihnen werden sterben, während einige Glück haben werden oder natürlich immun oder enthaltsam sind. Auch diese werden durch andere höchstgefährdete Gruppen ersetzt werden – vielleicht durch die nächste Generation homosexueller Männer. Schließlich wird sich, und davon geht man aus, die exponentielle Kurve für uns alle abflachen, und somit werden viel weniger als alle Menschen auf der Erde getötet werden – was freilich nur ein schwacher Trost für die vielen Opfer von Aids und ihre Angehörigen ist.

Das exponentielle Wachstum ist auch der zentrale Faktor bei der krisenhaften Entwicklung der Weltbevölkerung. Seit es Menschen auf der Erde gibt, war die Bevölkerung meist stabil gewesen, weil sich die Geburten- und Sterblichkeitsraten fast vollkommen im Gleichgewicht befanden. Dies nennt man einen »stabilen Zustand«. Nach der Erfindung der Landwirtschaft- und dazu gehören auch der Anbau und die Ernte jener Weizenkörner, die der Großwesir begehrte – begann die menschliche Population dieses Planeten zu wachsen und in eine exponentielle Phase einzutreten, die sehr weit von einem stabilen Zustand entfernt ist. Derzeit beträgt die Verdoppelungszeit der Weltbevölkerung etwa 40 Jahre. Alle 40 Jahre also wird es doppelt so viele Menschen geben. Der englische Pfarrer und Nationalökonom Thomas Malthus hat 1798 darauf hingewiesen, daß eine exponentiell wachsende Bevölkerung – Malthus sprach von einer geometrischen Progression – jede denkbare Zunahme der Nahrungsversorgung übertreffen werde. Keine grüne Revolution, keine Hydrokultur, keine Umwandlung von Wüsten in

blühendes Land kann eines exponentiellen Bevölkerungswachstums Herr werden. Dieses Problem läßt sich auch nicht extraterrestrisch lösen. Zur Zeit werden jeden Tag etwa 240.000 Menschen mehr geboren als sterben. Wir sind keineswegs in der Lage, jeden Tag 240.000 Menschen in den Weltraum zu befördern. Weder Siedlungen in der Erdumlaufbahn noch auf dem Mond oder auf anderen Planeten können der Bevölkerungsexplosion merklich Einhalt gebieten. Selbst wenn es möglich wäre, alle Menschen von der Erde zu den Planeten ferner Sterne mit Raumschiffen zu bringen, die schneller als das Licht sind, würde sich so gut wie nichts daran ändern – sämtliche bewohnbare Planeten in der Milchstraße wären in rund einem Jahrtausend voll. Es sei denn, wir bremsen unsere Fortpflanzungsgeschwindigkeit. Unterschätzen Sie nie ein exponentielles Wachstum!



Die obige Zeichnung zeigt die Entwicklung des Bevölkerungswachstums der Erde im Laufe der Jahrtausende. Dabei befinden wir uns noch in einer Phase des steilen exponentiellen Wachstums, doch möglicherweise sind wir gerade dabei, sie zu verlassen. Viele Länder – die USA, Rußland, China beispielsweise – haben eine Phase erreicht oder werden sie bald erreichen, in der ihr Bevölkerungswachstum aufhört und sie sich einem stabilen Zustand annähern. Man spricht auch vom Nullwachstum einer Bevölkerung, englisch zero population growth (ZPG) genannt. Doch weil Exponentialzahlen so mächtig sind, bleibt die Situation praktisch die gleiche, wenn auch nur ein kleiner Bruchteil der menschlichen

Gemeinschaft fortführt, sich exponentiell fortzupflanzen – die Weltbevölkerung wächst exponentiell, selbst wenn viele Länder sich im ZPG befinden.

Es gibt einen eindeutig belegten weltweiten Zusammenhang zwischen Armut und hohen Geburtenraten. In kleinen wie in großen Ländern, in kapitalistischen wie in kommunistischen Ländern, in katholischen wie in islamischen Ländern, in westlichen wie in östlichen Ländern – in fast all diesen Fällen verlangsamt sich das exponentielle Bevölkerungswachstum oder hört sogar auf, wenn die drückende Armut verschwindet. Dies ist der sogenannte demographische Übergang. Langfristig gesehen muß die Spezies Mensch ein großes Interesse daran haben, daß überall auf der Erde dieser demographische Übergang erreicht wird. Darum gehört es nicht nur zum elementaren menschlichen Anstand, anderen Ländern zur Autarkie zu verhelfen, sondern es ist auch im Eigeninteresse der reicheren Nationen, die in der Lage sind zu helfen, erforderlich. Eines der zentralen Probleme in der Krise der Weltbevölkerung ist die Armut.

Interessant sind die Ausnahmen beim demographischen Übergang. Einige Länder mit hohem Pro-Kopf-Einkommen haben noch immer hohe Geburtenraten. Aber in diesen Ländern sind Verhütungsmittel kaum erhältlich, und/oder Frauen haben keine effektive politische Macht. Der Zusammenhang liegt auf der Hand.

Gegenwärtig gibt es rund sechs Milliarden Menschen. Falls die Verdoppelungszeit konstant bleibt, werden es in 40 Jahren zwölf Milliarden sein, in 80 Jahren 24, in 120 Jahren 48 Milliarden.... Aber

nur wenige glauben, daß die Erde so viele Menschen ernähren kann. Wegen der Macht dieses exponentiellen Wachstums wird die Bekämpfung der globalen Armut heute sicher viel billiger und viel humaner sein als alle Lösungen, die uns viele Jahrzehnte später zur Verfügung stehen mögen. Unsere Aufgabe ist es, einen weltweiten demographischen Übergang herbeizuführen und diese exponentielle Kurve abzuflachen – indem wir die drückende Armut beseitigen, sichere und effektive Methoden zur Geburtenkontrolle weltweit verfügbar machen und den Frauen echte politische Macht übertragen (in der Exekutive, der Legislative, im Rechtswesen, im Militär und in Institutionen, die die öffentliche Meinung beeinflussen). Wenn wir dies nicht schaffen, wird es irgendein anderer Prozeß, den wir weniger im Griff haben, für uns erledigen.

Zum Beispiel...

Der erste, der sich über die Kernspaltung Gedanken machte, war im September 1933 ein nach London emigrierter ungarischer Physiker namens Leo Szilard. Er fragte sich, ob der Mensch in seinem Forscherdrang die gewaltigen Energien freisetzen könnte, die im Atomkern verborgen sind. Was würde geschehen, überlegte er, wenn ein Neutron auf einen Atomkern abgefeuert würde? (Weil ein Neutron keine elektrische Ladung besitzt, würde es von den Protonen im Kern nicht elektrisch abgestoßen, sondern vielmehr direkt mit dem Kern kollidieren.) Während er an einer Ampel an der Southampton Row wartete, ging ihm auf, daß es vielleicht irgendeine Substanz, irgendein chemisches Element geben

könnte, das zwei Neutronen ausspucken würde, wenn es von einem getroffen würde. Jedes dieser Neutronen könnte weitere Neutronen ausstoßen, und plötzlich sah Szilard vor seinem geistigen Auge eine nukleare Kettenreaktion, bei der exponentielle Zahlen von Neutronen erzeugt und Atome zertrümmert wurden. An jenem Abend errechnete er in seinem kleinen Zimmer im Strand Palace Hotel, daß nur ein paar Pfund Materie, falls man sie zu einer kontrollierten Neutronen-Kettenreaktion bringen könnte, vielleicht genug Energie freisetzen könnten, um eine Kleinstadt ein Jahr lang mit Strom zu versorgen – oder, falls die Energie plötzlich freigesetzt würde, sie völlig zu zerstören.

Szilard emigrierte schließlich in die USA und begann, alle chemischen Elemente systematisch zu durchsuchen, um herauszufinden, ob irgendein Element mehr Neutronen produzierte, als mit ihm zusammenstießen. Das Uran schien ein vielversprechender Kandidat zu sein. Szilard brachte Albert Einstein dazu, seinen berühmten Brief an Präsident Roosevelt zu schreiben, in dem er den USA dringend nahelegte, eine Atombombe zu bauen. Der Physiker spielte auch eine wichtige Rolle bei der ersten Uran-Kettenreaktion in Chicago im Jahre 1942, die dann zur Atombombe führte. Sein restliches Leben verbrachte er damit, vor den Gefahren der Waffe zu warnen, die er als erster sich ausgedacht hatte. Er hatte auf andere Weise die beängstigende Macht des Exponentiellen entdeckt.

Jeder Mensch hat zwei Eltern, vier Großeltern, acht Urgroßeltern, 16 Uurgroßeltern und so fort. Mit jeder

Generation, die wir weiter zurückverfolgen, haben wir doppelt so viele direkte Vorfahren. Das ist also nichts anderes als das Problem des persischen Schachbretts. Wenn man für jede Generation 25 Jahre ansetzt und 64 Generationen zurückrechnet, dann macht das $64 \text{ mal } 25 = 1600$ Jahre. Das war kurz vor dem Fall des Römischen Reichs. Also hatte jeder von uns heute Lebenden im Jahr 400 rund 18,5 Trillionen Vorfahren – von zusätzlichen Verwandten ganz zu schweigen. So scheint es jedenfalls. Doch wäre dies weitaus mehr als die damalige oder heutige Bevölkerung der Erde – ja, weitaus mehr als die Gesamtzahl der Menschen, die je gelebt haben. Irgend etwas stimmt also nicht an unserer Rechnung. Doch was? Nun, wir sind davon ausgegangen, daß all diese direkten Vorfahren verschiedene Menschen waren. Aber dies ist natürlich nicht der Fall. Der gleiche Vorfahr ist mit uns über viele verschiedene Umwege verwandt. Wir sind vielfach mit jedem unserer Verwandten verbunden – und bei den ferneren Verwandtschaftsbeziehungen kommen wir schnell auf eine große Zahl der Verbindungen.

Und das gilt in gewisser Weise für die gesamte menschliche Bevölkerung. Wenn wir weit genug zurückgehen, dann haben stets zwei Menschen auf der Erde einen gemeinsamen Vorfahren. Wann immer ein neuer amerikanischer Präsident gewählt wird, kommt zwangsläufig irgend jemand – generell in England – darauf, daß der neue Präsident mit der Königin oder dem König von England verwandt sei. Damit soll die Verbundenheit der englisch sprechenden Menschen zum Ausdruck gebracht werden.

DIE RECHNUNG, DIE DER KÖNIG VON SEINEM WESIR HÄTTE VERLANGEN SOLLEN

Keine Angst, das ist wirklich leicht. Wir wollen ausrechnen, wie viele Weizenkörner sich insgesamt auf dem persischen Schachbrett befanden.

Eine elegante (und absolut genaue) Berechnung ist die folgende:

Der Exponent besagt, wie oft wir die Zahl 2 mit sich selbst multiplizieren: $2^2 = 4, 2^4 = 16, 2^{10} = 1024$ und so weiter. S ist die Gesamtzahl der Körner auf dem Schachbrett, von 1 auf dem ersten Feld bis 2^{63} auf dem 64. Feld. Dann heißt es einfach

$$S = 1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \dots + 2^{62} + 2^{63}.$$

Indem wir einfach beide Seiten der Gleichung verdoppeln, erhalten wir

$$2S = 2 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + \dots + 2^{63} + 2^{64}.$$

Wenn wir nun die erste von der zweiten Gleichung abziehen, ergibt dies

$$2S - S = S = 2^{64} - 1, \text{ und das ist die exakte Lösung.}$$

Wieviel ist das nun ungefähr in normaler Dezimalschreibweise? 2^{10} entspricht annähernd 1000 oder 10^3 (plus 2,4 Prozent). Somit ist $2^{20} = 2^{10 \times 2} = (2^{10})^2 = \text{ungefähr } (10^3)^2 = 10^6$, also 10 sechsmal mit sich selbst multipliziert oder eine Million. Dementsprechend ist $2^{60} = (2^{10})^6 = \text{ungefähr } (10^3)^6 = 10^{18}$. Somit ist $2^{64} = 2^4 \times 2^{60} = \text{ungefähr } 16 \times 10^{18}$ oder 16 mit 18 Nullen, also 16 Trillionen Körner. Eine genauere Berechnung ergibt 18,6 Trillionen Körner.

Wenn zwei Menschen aus demselben Land oder derselben Kultur oder aus derselben kleinen Ecke der Welt stammen und ihre Genealogien aufgezeichnet sind, läßt sich wahrscheinlich der letzte gemeinsame Vorfahr herausfinden. Aber die verwandtschaftlichen Beziehungen sind eindeutig, ob er sich nun herausfinden läßt oder nicht. Wir alle auf der Erde sind Vettern und Kusinen.

Ein weiteres bekanntes Exponentialphänomen ist die Vorstellung von der Halbwertszeit. Ein radioaktives »Eltern-Element« – etwa Plutonium oder Radium – zerfällt in ein anderes, vielleicht sicheres »Tochter-Element«, doch ist dies kein kurzer, abgeschlossener Vorgang. Es zerfällt vielmehr statistisch. Nach einer gewissen Zeit ist es zur Hälfte umgewandelt, und diese Zeit nennt man Halbwertszeit. Die übriggebliebene Hälfte zerfällt in einer weiteren Halbwertszeit, die davon übriggebliebene Hälfte in einer weiteren Halbwertszeit und so weiter. Wenn zum Beispiel die Halbwertszeit eines Elements ein Jahr betrüge, würde die Hälfte in einem Jahr zerfallen, die Hälfte der übrigen Hälfte oder ein Viertel würde zwei Jahre brauchen, ein weiteres Achtel drei Jahre, etwa ein Tausendstel zehn Jahre und so fort. Die einzelnen Elemente haben unterschiedliche Halbwertszeiten. Sie ist ein wichtiger Faktor, wenn man überlegt, was man mit dem radioaktiven Abfall aus Kernkraftwerken anfangen soll, oder wenn man den radioaktiven Fallout in einem Atomkrieg berücksichtigt. Es handelt sich hier um einen exponentiellen Zerfall, so wie das Problem des persischen Schachbretts ein exponentielles Wachstum darstellt. Der radioaktive Zerfall gibt uns eine

wichtige Methode zur Datierung der Vergangenheit an die Hand. Wenn wir die Menge des radioaktiven Eltern-Materials und die Menge des Tochter-Zerfallsprodukts in einer Probe messen können, dann können wir ermitteln, wie lange die Probe existiert. Auf diese Weise finden wir heraus, daß das sogenannte Grabtuch von Turin nicht das Grabtuch von Jesus ist, sondern eine fromme Fälschung aus dem 14. Jahrhundert (als diese Fälschung von den Kirchenbehörden entlarvt wurde), ferner, daß Menschen schon Vorjahrsmillionen Lagerfeuer gemacht haben; daß die ältesten fossilen Lebensformen auf der Erde mindestens 3,5 Milliarden Jahre alt sind und daß die Erde selbst 4,6 Milliarden Jahre alt ist. Der Kosmos ist natürlich noch weitere Milliarden Jahre älter. Wenn Sie sich mit Exponentialzahlen auskennen, liegt der Schlüssel zu vielen Geheimnissen des Universums in Ihrer Hand.

Wenn Sie ein Ding nur qualitativ kennen, dann kennen Sie es nur vage. Wenn Sie es aber quantitativ kennen – also irgendein numerisches Maß anlegen, das dieses Ding von einer unendlichen Zahl anderer Möglichkeiten unterscheidet –, dann fangen Sie an, es tiefer zu verstehen. Sie erfassen einen Teil seiner Schönheit und erhalten Zugang zu seiner Kraft und dem Wissen, das es bietet. Wenn Sie Angst vor dem Quantifizieren haben, begeben Sie sich Ihrer bürgerlichen Rechte – Sie verzichten auf eine der besten Möglichkeiten, die Welt zu verstehen und zu verändern.

Montagabend-Jäger

»Der Jagdinstinkt hat [seinen]... fernen Ursprung in der Evolution der Menschheit. Der Jagd- und der Kampfinstinkt verbinden sich in vielen Manifestationen.... Nur weil die Blutrünstigkeit des Menschen ein so ursprünglicher Teil von uns ist, ist sie so schwer auszumerzen, besonders wenn ein Kampf oder eine Jagd als Teil des Vergnügens angepriesen wird.«

William James,
The Principles of Psychology, XXIV (1890)

Wir Amerikaner kommen einfach nicht dagegen an. An jedem Sonntagnachmittag und an allen Montagabenden im Herbst lassen wir alles stehen und liegen und gucken uns kleine bewegte Bilder von 22 Männern an – sie rennen ineinander, fallen hin, raffen sich wieder auf und treten gegen einen länglichen Gegenstand, der aus der Haut eines Tieres hergestellt ist. Hin und wieder lassen sich Spieler wie Zuschauer vom Verlauf des Spiels zu Ausbrüchen von Begeisterung oder Verzweiflung hinreißen. Menschen (fast ausschließlich Männer) in ganz Amerika verharren gebannt vor gläsernen Bildschirmen, jubeln oder meckern unisono. So formuliert, hört es sich idiotisch an. Aber sobald man diesem Spiel verfallen ist, kann man ihm nur schwer widerstehen – ich spreche da aus

Erfahrung. Sportler rennen, springen, schlagen, rutschen, werfen, treten, greifen an – und es ist faszinierend, Menschen zu sehen, die das so gut können. Sie ringen miteinander, bis sie auf dem Boden liegen. Begeistert packen oder schlagen, treten sie ein sich schnell bewegendes braunes oder weißes Ding. In manchen Spielen versuchen sie, das Ding auf etwas zuzutreiben, was »Tor« heißt; in anderen laufen die Spieler davon und kehren dann wieder »heim«. Teamwork ist dabei fast alles, und wir bewundern es, wie die Teile zusammenpassen, um ein bejubeltes Ganzes zu ergeben.

Aber das sind nicht die Fähigkeiten, mit denen die meisten von uns ihr täglich Brot verdienen. Was zwingt uns eigentlich zuzusehen, wie andere Menschen rennen oder schlagen? Und warum geht dieses Bedürfnis quer durch alle Kulturen? Denn auch die alten Ägypter, Perser, Griechen, Römer, Maya und Azteken kannten Ballspiele. Polo stammt aus Tibet.

Es gibt Sportstars, die im Jahr fünfzigmal soviel wie der Präsident verdienen, und manche werden nach dem Ende ihrer aktiven Sportlerlaufbahn in hohe Ämter gewählt. Sie sind Nationalhelden. Wieso eigentlich? Irgend etwas geht hier über die Unterschiedlichkeit politischer, sozialer und wirtschaftlicher Systeme hinaus. Etwas Uraltes äußert sich darin.

Die meisten wichtigen Sportarten sind mit einem Land oder einer Stadt verbunden und transportieren Elemente des Patriotismus und Bürgerstolzes. Unser Team vertritt *uns* – wo wir leben, unser Volk – gegen jene anderen Kerle aus irgendeinem anderen Ort, der von unbekannten, vielleicht feindseligen Menschen

bevölkert ist. Allerdings sind die meisten »unserer« Spieler in Wirklichkeit nicht von hier. Sie sind Söldner, die mit reinem Gewissen regelmäßig von gegnerischen Städten für einen angemessenen Lohn überlaufen: Ein Pittsburgh Pirate wird zu einem California Angel reformiert, ein San Diego Padre zu einem St. Louis Cardinal befördert, ein Golden State Warrior zu einem Sacramento King gekrönt. Gelegentlich bricht ein ganzes Team auf und wandert in eine andere Stadt aus: Mannschaftssportarten spiegeln, kaum kaschiert, symbolisch Konflikte wider. Das ist allerdings keine neue Erkenntnis. Die Cherokee-Indianer nannten ihr altes Ballspiel Lacrosse »kleiner Bruder des Kriegs«. So erklärt Max Rafferty, der ehemalige kalifornische Superintendent des öffentlichen Unterrichtswesens, nachdem er Kritiker des College-Football als »Irre, lausige Schweinehunde, Rote, langhaarige, großmäulige Beatniks« denunziert hat: »Football-Spieler... zeichnen sich durch glänzenden Kampfgeist aus, der Amerika selbst ist.« (Es lohnt sich, darüber nachzudenken.) Und oft wird die Maxime des verstorbenen Profifootballtrainers Vince Lombardi zitiert, das einzige, was zähle, sei das Gewinnen. George Allen, der ehemalige Coach der Washington Redskins, hat das so formuliert: »Verlieren ist wie der Tod.«

Tatsächlich sprechen wir über das Gewinnen und Verlieren eines Kriegs genauso wie über das Gewinnen oder Verlieren eines Spiels. In einem Fernsehwerbespot der US-Army sehen wir das Nachspiel zu einer bewaffneten Kampfübung, bei der ein Panzer einen anderen zerstört; der siegreiche

Panzerkommandeur erklärt: »Wenn wir gewinnen, gewinnt das ganze Team – nicht ein einzelner.« Die Verbindung zwischen Sport und Kampf ist ziemlich eindeutig. Sportfans (eine Abkürzung für »Fanatiker«) sind bekanntlich zu Körperverletzung und zuweilen sogar zu Mord bereit, wenn sie als Anhänger eines geschlagenen Teams verhöhnt oder daran gehindert werden, ihr gewinnendes Team zu feiern. Dies gilt erst recht, wenn sie der Meinung sind, der Schiedsrichter habe ihr Team ungerecht behandelt. Der britische Premierminister sah sich 1985 gezwungen, das rüpelhafte Verhalten betrunkenen britischer Fußballfans zu verurteilen, die eine italienische Gruppe angegriffen hatten, weil diese so unverschämt gewesen war, ihr eigenes Team anzufeuern. Dutzende von Menschen kamen um, als die Tribüne zusammenbrach. Nach drei mit aller Härte ausgetragenen Fußballspielen überquerten 1969 salvadorianische Panzer die Grenze zu Honduras, und salvadorianische Bomber griffen honduranische Häfen und Militärstützpunkte an. In diesem »Fußballkrieg« ging die Zahl der Toten in die Tausende.

Angehörige eines afghanischen Stamms spielten Polo mit den abgeschnittenen Köpfen ehemaliger Gegner. Und vor 600 Jahren gab es dort, wo sich heute Mexico City befindet, ein Ballstadion, in dem prächtig gewandete Edelleute zusahen, wie uniformierte Teams gegeneinander antraten. Der Kapitän des verlierenden Teams wurde enthauptet, und die Schädel der Kapitäne von früher unterlegenen Mannschaften wurden auf Stellagen ausgestellt – möglicherweise ein noch größerer Ansporn als der

Gewinn eines Pokals.

Nehmen wir an, Sie zappen lustlos mit Ihrer Fernbedienung herum und landen auf einmal bei irgendeinem sportlichen Wettbewerb, zu dem sie keine besondere emotionale Beziehung haben – sagen wir, bei einem Volleyballfreundschaftsspiel zwischen Burma und Thailand. Wie entscheiden Sie, welchem Team Sie die Daumen drücken sollen? Aber Moment mal: Warum müssen Sie sich überhaupt für eine Mannschaft entscheiden? Warum genießen Sie nicht einfach das Spiel? Die meisten von uns haben Probleme mit dieser distanzierten Haltung. Wir wollen uns an dem Wettkampf beteiligen, uns selbst als Mitglied eines Teams fühlen. Dieses Gefühl reißt uns einfach mit, und schon sind wir Partei: »Burma, Burma!« Zunächst mag unsere Loyalität schwanken, wir feuern zuerst das eine und dann das andere Team an. Manchmal stehen wir auf der Seite der Schwächeren. Ein andermal schwenken wir, zu unserer Schande sei's gesagt, sogar vom Verlierer zum Gewinner um, wenn am Ergebnis nicht mehr zu rütteln ist. Und wenn eine Mannschaft mehrere Saisons hintereinander verliert, wenden die Fans ihre Loyalität einer anderen zu. Wir halten nach dem mühelosen Sieg Ausschau. Wir wollen uns von einem kleinen, sicheren, erfolgreichen Krieg mitreißen lassen.

1996 wurde Mahmoud Abdul-Rauf, damals ein Verteidiger bei den Denver Nuggets, von der National Basketball Association ausgeschlossen. Warum? Weil Abdul-Rauf sich weigerte, beim obligatorischen Abspielen der Nationalhymne aufzustehen. Die amerikanische Flagge repräsentiere für ihn ein

»Symbol der Unterdrückung«, das seine islamischen Glaubensvorstellungen beleidige. Die meisten anderen Spieler teilten zwar nicht seine Glaubensvorstellungen, traten aber für sein Recht ein, sie zum Ausdruck zu bringen. Harvey Araton, ein hervorragender Sportjournalist der *New York Times*, war verblüfft. Das Abspielen der Nationalhymne bei einem sportlichen Ereignis, schrieb er, »ist -machen wir uns doch nichts vor – eine Tradition, die in der heutigen Welt absolut idiotisch ist, im Gegensatz zu damals, als sie begann, nämlich bei Baseballspielen während des Zweiten Weltkriegs. Niemand geht doch zu einem sportlichen Ereignis, um seinen Patriotismus zum Ausdruck zu bringen.« Im Gegenteil, würde ich sagen – bei einem sportlichen Ereignis geht es doch gerade um eine gewisse Art von Patriotismus und Nationalismus.*

Die frühesten organisierten Sportereignisse reichen 3500 Jahre bis ins vorklassische Griechenland zurück. Während der ursprünglichen Olympischen Spiele herrschte zwischen allen miteinander im Krieg befindlichen griechischen Stadtstaaten Waffenstillstand. Die Spiele waren wichtiger als die Kriege. Die Männer traten nackt auf – weibliche Zuschauer waren nicht zugelassen. Im 8. Jahrhundert v. Chr. bestanden die Olympischen Spiele aus Laufen (eine Menge Laufen), Springen, Dingewerfen (auch Speere) und Ringen (zuweilen bis zum Tod). Keiner dieser Wettbewerbe war damals zwar ein Mannschaftsspiel, doch in den modernen Mannschaftssportarten spielen sie eindeutig eine

* Die Krise wurde beigelegt, als Mr. Abdul-Rauf sich damit einverstanden erklärte, während der Nationalhymne zu stehen, aber zu beten, statt zu singen.

zentrale Rolle.

Sie spielten auch bei der technisch primitiven Jagd eine Rolle. Die Jagd gilt traditionell als Sport, solange man nicht ißt, was man erlegt – eine Bedingung, an die sich die Reichen viel leichter halten können als die Armen. Seit den frühesten Pharaonen verbindet sich die Jagd mit Militäraristokratien. Oscar Wildes Aphorismus über die englische Fuchsjagd – »Das Abscheuliche hart auf den Fersen des Ungenießbaren« – verweist auf einen ähnlichen Doppelsinn. Die Vorläufer von Football, Fußball, Hockey und verwandten Sportarten wurden verächtlich »Pöbelspiele« genannt und galten als Ersatz für die Jagd – weil junge Männer, die sich ihren Lebensunterhalt mit Arbeit verdienten, von der Jagd ausgeschlossen waren.

Die Waffen der frühesten Kriege müssen Jagdgeräte gewesen sein. Mannschaftssportarten sind nicht nur stilisierte Echos uralter Kriege. Sie befriedigen auch eine fast vergessene Sehnsucht nach der Jagd. Da unsere Leidenschaften für den Sport so tief reichen und so weitverbreitet sind, sind sie wahrscheinlich fest in uns verwurzelt – nicht in unserem Gehirn, sondern in unseren Genen. Die zehntausend Jahre seit der Erfindung des Ackerbaus reichen kaum aus, damit sich derartige Prädispositionen wegentwickeln und verschwinden. Wenn wir sie verstehen wollen, müssen wir viel weiter zurückgehen.

Die Spezies Mensch ist Hunderttausende von Jahren alt, die Familie Mensch mehrere Millionen Jahre. Doch ein seßhaftes Leben, das auf Ackerbau und Haustierhaltung beruht, führen wir noch nicht lange. Lediglich drei Prozent dieses Zeitraums haben wir so

verbracht. In dem wesentlich größeren Zeitraum, der die ersten 97 Prozent unserer Existenz auf der Erde umfaßt, ist dagegen fast alles entstanden, was typisch menschlich ist. Daher legt das kleine Zahlenspiel mit unserer Geschichte die Vermutung nahe, daß wir etwas über jene Zeiten von den wenigen erhaltenen Jäger-Sammler-Gemeinschaften erfahren können, die von der Zivilisation noch nicht verdorben sind.

Wir sind unterwegs. Wir haben unsere Kleinen und all unsere Habe auf dem Rücken und ziehen herum – wir folgen dem Wild, suchen die Wasserlöcher. Eine Zeitlang errichten wir ein Lager, dann ziehen wir weiter. Um die Gruppe mit Nahrung zu versorgen, gehen die Männer vorwiegend auf die Jagd, während die Frauen hauptsächlich sammeln. Fleisch und Kartoffeln. Eine typische Nomadenschar, hauptsächlich eine erweiterte Familie von Verwandten und Verschwägerten, besteht aus ein paar Dutzend Menschen; alljährlich freilich versammeln sich viele Hunderte von uns, die die gleiche Sprache und Kultur haben, zu religiösen Zeremonien, um Tauschhandel zu treiben, Hochzeiten zu arrangieren, Geschichten zu erzählen. Viele Geschichten handeln von der Jagd. Ich konzentriere mich hier auf die Jäger, und das sind Männer. Aber die Frauen verfügen über eine bedeutende soziale, wirtschaftliche und kulturelle Macht. Sie sammeln die wichtigen Dinge – Nüsse, Früchte, Knollen, Wurzeln – ebenso wie Heilkräuter, jagen kleine Tiere und liefern wichtige Informationen über die Bewegungen großer Tiere. Auch die Männer sammeln ein wenig und verrichten eine Menge »Hausarbeit« – auch wenn

es keine Häuser gibt. Doch die Jagd – nur zur Nahrungsbeschaffung, nicht aus sportlichen Gründen – ist die lebenslange Beschäftigung jedes körperlich gesunden Mannes. Vorpubertäre Knaben gehen mit Pfeil und Bogen auf die Pirsch nach Vögeln und kleinen Säugetieren. Bis sie erwachsen sind, sind sie kundig in der Waffenbeschaffung, im Anpirschen, im Erlegen und Zerlegen der Beute und wissen, wie man die Fleischstücke zum Lager zurückbringt. Das erste erfolgreiche Erlegen eines großen Säugetiers markiert die Volljährigkeit eines jungen Mannes. Bei seiner Initiation werden zeremonielle Schnitte auf seiner Brust oder an seinen Armen angebracht, und in diese Schnitte wird ein Kraut eingerieben, so daß nach der Heilung ein Tätowierungsmuster zurückbleibt. Es ist so etwas wie ein militärischer Orden – ein Blick auf seine Brust, und man hat einen Begriff von seiner Kampferfahrung.

Aus einem Gewirr von Hufabdrücken können wir genau herauslesen, wie viele Tiere vorbeigezogen sind, die Arten, das Geschlecht, das Alter, ob lahrende Exemplare unter ihnen sind, vor wie langer Zeit sie vorbeigezogen sind oder wie weit sie gelangt sind. Manche jungen Tiere lassen sich im direkten Angriff fangen und erlegen, andere mit Steinschleudern oder Bumerangs oder indem man einfach Steine genau und fest wirft. Tieren, die noch nicht gelernt haben, die Menschen zu fürchten, kann man sich mutig nähern, um sie mit der Keule zu erschlagen. Über größere Entfernungen schleudern wir Speere oder schießen mit vergifteten Pfeilen auf mißtrauischere Beutetiere. Manchmal haben wir Glück und treiben durch eine geschickte Hetzjagd

eine Tierherde in einen Hinterhalt oder von einer Klippe hinunter.

Teamwork unter Jägern ist lebenswichtig. Wenn wir unsere Beute nicht erschrecken wollen, müssen wir uns durch Zeichensprache verständigen. Aus dem gleichen Grund müssen wir unsere Emotionen unter Kontrolle halten – Furcht wie Jubel sind gefährlich. Gegenüber der Beute haben wir eine ambivalente Einstellung. Wir respektieren die Tiere, erkennen sie als Verwandte an, identifizieren uns mit ihnen. Aber wenn wir uns zu viele Gedanken über ihre Intelligenz oder ihre Hingabe an ihre Jungen machen, wenn wir Mitleid für sie empfinden, wenn wir uns ihnen zu sehr verwandt fühlen, wird unser Jagdeifer nachlassen – wir werden weniger Nahrung heimbringen, und unsere Schar kann wieder gefährdet werden. Wir sind gezwungen, auf emotionale Distanz zwischen uns und ihnen zu achten.

Denken Sie also einmal darüber nach: Jahrmillionenlang ziehen unsere männlichen Vorfahren herum, werfen Steine nach Tauben, laufen hinter jungen Antilopen her und ringen sie zu Boden, bilden eine Linie aus schreienden, laufenden Jägern und versuchen, einer Herde aufgeschreckter Warzenschweine Angst zu machen. Stellen Sie sich vor, daß Ihr Leben von Jagdkünsten und Teamwork abhängt. Ihre Kultur ist größtenteils von der Jagd geprägt. Gute Jäger sind auch gute Krieger. Dann wird nach langer Zeit – sagen wir, nach ein paar tausend Jahrhunderten – eine natürliche Prädisposition für das Jagen wie für das Teamwork vielen neugeborenen Jungen innewohnen. Warum?

Weil unfähige oder lustlose Jäger weniger Nachwuchs hinterlassen. Ich glaube also nicht, daß in unseren Genen angelegt ist, wie eine Speerspitze aus einem Stein herausgehauen oder wie ein Pfeil gefiedert werden muß. Das wurde irgendwann herausgefunden und dann weitergegeben. Aber die Begeisterung für die Jagd – ich wette, die ist wirklich in uns angelegt. Die natürliche Auslese hat dazu beigetragen, unsere Ahnen zu hervorragenden Jägern zu machen.

Der eindeutigste Beweis für den erfolgreichen Lebensstil der Jäger und Sammler ist die einfache Tatsache, daß er sich auf sechs Kontinenten ausgebreitet und Millionen von Jahren bestanden hat (von den Jagdneigungen nichtmenschlicher Primaten ganz zu schweigen). Das spricht für sich. Nach 10.000 Generationen, in denen das Töten von Tieren uns vor dem Verhungern bewahrt hat, müssen jene Neigungen noch immer in uns verwurzelt sein. Wir lechzen danach, sie auszuleben, sogar indirekt. Die Mannschaftssportarten stellen eine solche Möglichkeit dar. Ein Teil unseres Wesens sehnt sich danach, sich einer kleinen Schar von Brüdern bei einem kühnen Beutezug anzuschließen. Wir können das sogar in Rollenspielen und Computerspielen erkennen, die bei präpubertären und pubertären Jungen beliebt sind. Die traditionellen männlichen Tugenden – Schweigsamkeit, Findigkeit, Bescheidenheit, Genauigkeit, Beharrlichkeit, Teamwork – sowie tiefes Wissen über Tiere und die ausgeprägte Liebe zum Aufenthalt in freier Natur gehörten zur Zeit der Jäger und Sammler zum Anpassungsverhalten. Noch immer bewundern wir diese Eigenschaften, auch wenn wir fast vergessen haben, warum. Außer dem Sport stehen

uns nur wenige Ventile zur Verfügung. In unseren pubertären Jünglingen können wir noch immer den jungen Jäger, den Krieger in spe wiedererkennen – wenn sie auf Hausdächern herumspringen, ohne Helm Motorrad fahren oder bei einer Siegesfeier für das siegreiche Team randalieren. Wenn eine feste Hand fehlt, können diese alten Instinkte ein wenig außer Rand und Band geraten, wenngleich unsere Mordrate etwa genauso hoch ist wie bei den heute noch existierenden Jäger-und-Sammler-Gesellschaften. Wir versuchen dafür zu sorgen, daß irgendeine in uns schlummernde Lust aufs Töten nicht auf Menschen übergreift. Das gelingt uns nicht immer.

Es bereitet mir Sorgen, wenn ich daran denke, wie stark diese Jagdinstinkte sind. Ich befürchte, der Montagabend-Football ist ein unzulängliches Ventil für den modernen Jäger im Overall, in Jeans oder im Anzug. Ich muß an jenes uralte Erbe denken, demzufolge wir unsere Gefühle nicht ausdrücken und auf emotionale Distanz zu denen gehen sollen, die wir töten – und auf einmal macht das Spiel nicht mehr soviel Spaß.

Jäger und Sammler stellten im allgemeinen keine Gefahr füreinander dar, weil ihre wirtschaftliche Lage im großen ganzen nicht schlecht war. Zwar hatten sie als Nomaden nur wenig Besitz, doch gab es auch fast keinen Diebstahl und kaum Neid. Habgier und Überheblichkeit galten nicht nur als soziale Übel, sondern fast als Geisteskrankheiten. Dazu kam, daß die Frauen echte politische Macht besaßen und im allgemeinen einen stabilisierenden und mäßigenden Einfluß ausübten, bevor die Männer nach den vergifteten Pfeilen griffen. Abschreckend wirkte

ferner, daß die Gruppe kollektiv urteilte und strafte, wenn ernste Verbrechen – etwa ein Mord – begangen wurden. Viele Jäger und Sammler organisierten sich zu egalitären Lebensformen. Sie hatten keine Häuptlinge. Es gab keine politische oder betriebliche Hierarchie, in der man von einem Aufstieg träumen konnte. Es gab niemanden, gegen den man revoltieren konnte.

Wenn wir also ein paar hundert Jahrhunderte von der Zeit entfernt, nach der wir uns sehnen, gestrandet sind, wenn wir uns, wenn auch ohne eigenes Verschulden, in einem Zeitalter der Umweltverschmutzung, der sozialen Hierarchien, der ökonomischen Ungleichheit, der Atomwaffen und der schlechten Zukunftsaussichten befinden, mit Gefühlen aus der Eiszeit, aber ohne die sozialen Sicherungen der Eiszeit – dann kann man uns vielleicht ein bißchen Montagabend-Football nachsehen.

TEAMS UND TOTEMS

Amerikanische Teams, die mit Städten verbunden sind, haben entsprechende Namen: die Seibu Lions, die Detroit Tigers, die Chicago Bears. Löwen, Tiger und Bären... Adler und Raubmöwen... Flammen und Sonnen. Bei allen Unterschieden hinsichtlich der Umwelt und der Kultur haben Jäger-Sammler-Gruppen weltweit ähnliche Namen – zuweilen Totems genannt.

Eine typische Liste von Totems, hauptsächlich aus der Zeit vor dem Kontakt mit Europäern, wurde von dem Anthropologen Richard Lee während der vielen Jahre aufgestellt, die er unter den »Buschmännern« der !Kung in der Kalahari-Wüste in Botswana verbracht hat (siehe unten ganz rechts). Die Kurzfüßer, meine ich, sind Vettern der Red Sox und der White Sox, die Kämpfer sind Vettern der Raiders, die Wildkatzen sind verwandt mit den Bengals, die Schneider mit den Clippers. Natürlich gibt es Unterschiede – in technischer Hinsicht und vielleicht auch aufgrund unterschiedlicher Grade von Offenheit, Selbsterkenntnis und Humor. Man kann sich kaum vorstellen, daß ein amerikanisches Sportteam sich die Diarrheas, die »Durchfaller«, nennt. Oder – mein Lieblingstotem, eine Gruppe von Männern ohne Probleme mit ihrem Selbstwertgefühl – die »großen Schwätzer«. Und ein Team, dessen Spieler sich die »Besitzer« nennen, würde wahrscheinlich eine gewisse Bestürzung in der Zentrale auslösen.

Gott und der tropfende Wasserhahn

»Wenn du aufgestiegen bist am östlichen Horizont,
hast du jedes Land erfüllt mit deiner Schönheit...
Auch wenn du weit weg bist, sind deine Strahlen auf
der Erde.«

Echnaton,
Hymne an die Sonne (um 1370 v. Chr.)

Im Ägypten der Pharaonen zur Zeit Echnatons galt das Licht im damaligen Sonnenkult als Blick Gottes. Man stellte sich das Sehen als eine Art Emanation vor, die vom Auge ausging. Es war so etwas wie Radar und reichte bis zu dem gesehenen Objekt, ja berührte es sogar. Die Sonne – ohne die kaum mehr als die Sterne sichtbar ist – streichelte, beleuchtete und wärmte das Niltal. Im Hinblick auf damalige physikalische Vorstellungen und eine Kultur, die die Sonne anbetete, war es durchaus sinnvoll, das Licht als den Blick Gottes zu bezeichnen. Dreitausenddreihundert Jahre später ermöglicht eine tiefere, wenn auch prosaischere Metapher ein besseres Verständnis dessen, was Licht ist:

Sie sitzen in der Badewanne, und der Wasserhahn tropft. Etwa jede Sekunde fällt ein Tropfen in die Wanne. Er erzeugt eine kleine Welle, die sich in einem wunderbar vollkommenen Kreis ausbreitet. Wenn sie die Wände der Wanne erreicht, wird sie zurückgeworfen. Die reflektierte Welle ist schwächer,

und nach ein oder zwei weiteren Reflexionen können Sie sie nicht mehr erkennen.

Neue Wellen gelangen an Ihr Ende der Wanne, und jede wird von einem weiteren Tropfen aus dem Hahn erzeugt. Ihre Gummiente schaukelt vor jeder neuen Wellenfront auf und ab. Das Wasser ist eindeutig ein wenig höher am Kamm der sich bewegenden Welle und ein wenig tiefer in der kleinen Senke zwischen den Wellen, dem Tal.

Die »Frequenz« der Wellen ist einfach die Häufigkeit, mit der Wellenberge Ihr Blickfeld passieren – in diesem Fall ist es eine Welle pro Sekunde. Da jeder Tropfen eine Welle erzeugt, ist die Frequenz so groß wie die Tropfenrate. Die »Wellenlänge« der Wellen besteht schlicht in der Entfernung zwischen aufeinanderfolgenden Wellenbergen – in diesem Fall vielleicht zehn Zentimeter. Aber wenn in jeder Sekunde eine Welle vorbeizieht und zwei Wellen zehn Zentimeter auseinander sind, dann beträgt die Geschwindigkeit der Wellen zehn Zentimeter pro Sekunde. Die Wellengeschwindigkeit, schließen Sie nach einem Augenblick des Nachdenkens, ist die Frequenz mal die Wellenlänge.

Badewannenwellen und Ozeanwellen sind zweidimensional – sie breiten sich von einer punktförmigen Quelle auf der Wasseroberfläche als Kreise aus. Schallwellen dagegen sind dreidimensional – sie breiten sich in der Luft, von der Schallquelle ausgehend, in alle Richtungen aus. Im Wellenberg ist die Luft ein wenig verdichtet, im Wellental ein wenig verdünnt. Ihr Ohr nimmt diese Wellen wahr. Je öfter sie kommen (je höher die Frequenz), desto höher der

Ton, den Sie hören.

Musikalische Töne sind daher nichts weiter als die Häufigkeit, mit der die Schallwellen Ihre Ohren erreichen. Mit einem »mittleren C« bezeichnen wir 263 Schallwellen, die uns pro Sekunde erreichen – man spricht auch von 263 Hertz (und eine Oktave über dem eingestrichenen C hat 526 Hertz, zwei Oktaven haben 1052 Hertz und so fort.) Wie groß wäre die Wellenlänge des eingestrichenen C? Wären Schallwellen unmittelbar sichtbar, wie weit wäre es dann von Wellenberg zu Wellenberg? In Meereshöhe pflanzt Schall sich mit etwa 340 Metern pro Sekunde (etwa 1200 Kilometer pro Stunde) fort. Genau wie in der Badewanne ergibt sich die Wellenlänge aus der Wellengeschwindigkeit geteilt durch ihre Frequenz – beim eingestrichenen C sind dies etwa 1,3 Meter: ungefähr die Größe eines neunjährigen Menschen.

Es gibt ein hübsches Rätsel, mit dessen Hilfe man Naturwissenschaftler aufs Glatteis führen will. Es lautet folgendermaßen: »Was ist ein eingestrichenes C für einen Menschen, der von Geburt an taub ist?« Die Antwort ist simpel: das gleiche wie für uns alle, nämlich 263 Hertz, eine exakte, einzigartige Schallfrequenz, die nur zu dieser Note und zu keiner anderen gehört. Wenn Sie sie nicht direkt hören können, so können Sie sie doch unzweideutig mit einem Verstärker und einem Oszilloskop wahrnehmen. Nun ist das natürlich nicht das gleiche wie die übliche menschliche Wahrnehmung von Luftwellen – weil sie hier gesehen statt gehört werden –, aber was soll's? Alle Informationen sind ja da. Sie können Akkorde und Stakkati, Pizzikati und das Timbre wahrnehmen. Sie können diesen Eindruck mit

anderen Gelegenheiten verbinden, bei denen Sie ein eingestrichenes C »gehört« haben. Vielleicht ist die elektronische Darstellung eines eingestrichenen C emotional nicht das gleiche wie das, was ein hörender Mensch erlebt, aber selbst das kann eine Sache der Erfahrung sein. Selbst wenn Sie kein Genie wie Beethoven sind, können Sie stocktaub sein und dennoch Musik erleben. Damit ist auch das alte Rätsel gelöst, ob ein Schall erzeugt wird, wenn ein Baum im Wald umfällt und niemand da ist, es zu hören. Wenn wir natürlich Schall als etwas definieren, was jemand hört, dann hat es per definitionem keinen Schall gegeben. Aber das ist eine übertrieben anthropozentrische Definition. Wenn der Baum umfällt, ruft er eindeutig Schallwellen hervor; diese Schallwellen lassen sich ohne weiteres etwa von einem Kassettenrekorder aufzeichnen, und wenn man die Kassette abspielt, kann man das Geräusch als fallenden Baum in einem Wald identifizieren. Daran ist nichts Geheimnisvolles.

Aber das menschliche Ohr ist kein idealer Detektor von Schallwellen. Da gibt es Frequenzen (weniger als zwanzig Wellen pro Sekunde), die für unser Gehör zu niedrig sind, obwohl Wale mühelos in so niedrigen Tönen miteinander kommunizieren. Und ebenso gibt es Frequenzen (über 20.000 Wellen pro Sekunde), die zu hoch für das Gehör eines Erwachsenen sind, obwohl Hunde damit keine Schwierigkeiten haben und reagieren, wenn sie bei derartigen Frequenzen mit einer Pfeife herbeigerufen werden. Es existieren also Schallbereiche – zum Beispiel eine Million Wellen pro Sekunde –, die der direkten menschlichen Wahrnehmung verschlossen sind und dies immer sein

werden. Unsere Sinnesorgane sind zwar hervorragend an die menschlichen Bedürfnisse angepaßt, haben aber fundamentale physikalische Grenzen.

Es ist nur natürlich, daß wir durch Schall miteinander kommunizieren sollten. Unsere Verwandten, die Primaten, machen es uns vor. Wir sind Herdenwesen und wechselseitig voneinander abhängig – unsere Kommunikationsfähigkeiten sind einfach notwendig. Als unser Gehirn im Laufe der letzten paar Millionen Jahre mit einer noch nie dagewesenen Geschwindigkeit wuchs und sich spezielle Regionen der Großhirnrinde entwickelten, die für Sprache zuständig sind, nahm unser Wortschatz stark zu. Unsere Fähigkeit, mit immer mehr verschiedenartigen Geräuschen immer mehr Dinge zu bezeichnen, stieg an. Als wir dann Jäger und Sammler waren, wurde die Sprache lebenswichtig für uns – mit ihrer Hilfe ließ sich unser tägliches Tun und Treiben planen, wir konnten die Kinder unterrichten, Freundschaften festigen, die anderen auf Gefahren hinweisen und nach dem Essen am Feuer sitzen und uns Geschichten erzählen, während wir zusahen, wie die Sterne aufgingen. Schließlich erfanden wir die phonetische Schreibweise, so daß wir unsere Geräusche auf Papier festhalten und beim Blick auf eine Seite jemanden in unserem Kopf sprechen hören konnten – eine Erfindung, die sich in den letzten paar tausend Jahren so weit verbreitet hat, daß wir wohl kaum je aufhören werden, darüber zu staunen.

Eigentlich wird Sprache nicht unmittelbar kommuniziert: Denn wenn wir ein Geräusch machen, erzeugen wir Schallwellen, die sich in der Luft mit Schallgeschwindigkeit fortpflanzen. Doch praktisch

erfolgt die Übertragung so gut wie unmittelbar. Das Problem ist nur, daß ein Schrei nicht sehr weit trägt. Nur selten können Menschen auch nur über hundert Meter hinweg eine zusammenhängende Unterhaltung führen. Bis vor relativ kurzer Zeit war die Bevölkerungsdichte noch sehr gering. Es gab kaum einen Grund, mit jemandem in Kontakt zu treten, der über hundert Meter weit weg war. Fast niemand – außer den Angehörigen unserer Nomadenfamilien – kam uns jemals nahe genug, um mit uns zu kommunizieren. Bei den seltenen Gelegenheiten, da dies geschah, waren diese Begegnungen im allgemeinen feindseliger Natur. Ethnozentrismus – die Vorstellung, daß unsere kleine Gruppe besser als jede andere ist -und Xenophobie – die aggressive Angst vor Fremden – sind tief in uns verwurzelt. Sie sind keineswegs eine menschliche Besonderheit – all unsere Affenverwandten ebenso wie viele andere Säugetiere verhalten sich ähnlich. Diese Einstellungen werden durch die kurzen Entfernungen, über die Sprache trägt, zumindest gefördert und begünstigt.

Wenn wir über lange Zeiträume von diesen anderen Nomadenhorden isoliert waren, entwickelten wir uns und sie sich in unterschiedliche Richtungen. Ihre Krieger trugen beispielsweise auf einmal Ozelotfelle statt Kopfschmuck aus Adlerfedern – der, wie doch jeder hier wußte, schick, anständig und vernünftig war. Schließlich unterschied sich ihre Sprache von der unseren, ihre Götter hatten merkwürdige Namen und verlangten bizarre Zeremonien und Opfer. Isolation erzeugt vielfältige Entwicklungen -und unsere kleine Anzahl und begrenzte Kommunikationsreichweite garantierten Isolation. Die Mitglieder der

Menschheitsfamilie – die ursprünglich vor ein paar Millionen Jahren in einem kleinen, lokal eng begrenzten Gebiet in Ostafrika entstand – zogen herum, trennten sich, entwickelten sich unterschiedlich weiter und wurden schließlich zu Fremden. Die Umkehrung dieses Trends – die Bewegung hin zur Bekanntschaftserneuerung und Wiedervereinigung der verlorenen Stämme der Menschheitsfamilie, die Verknüpfung der Spezies - findet erst seit ziemlich kurzer Zeit statt und auch nur aufgrund technischer Fortschritte. Die Zähmung des Pferdes ermöglichte es uns, Botschaften (und uns selbst) in wenigen Tagen über Entfernungen von Hunderten von Kilometern auszusenden. Fortschritte in der Technik von Segelschiffen gestatteten es uns, zu den fernsten Gebieten unseres Planeten zu reisen – aber langsam: Noch im 18. Jahrhundert dauerte es etwa zwei Jahre, mit dem Schiff von Europa nach China zu fahren. Zu dieser Zeit konnten zwar weit voneinander entfernte menschliche Gemeinschaften Botschafter an die Höfe der anderen schicken und Produkte von wirtschaftlicher Bedeutung austauschen. Doch für die große Mehrheit der Chinesen des 18. Jahrhunderts hätten die Europäer nicht exotischer sein können, hätten sie auf dem Mond gelebt, und dies gilt auch umgekehrt. Die echte Vernetzung und Entprovinzialisierung des Planeten erforderte eine Technik, mit der wir viel schneller kommunizieren können als per Pferd oder Segelschiff, die Informationen über die ganze Welt vermittelt und die billig genug ist, damit sie – zumindest gelegentlich – auch dem Durchschnittsmenschen zur Verfügung steht. Eine derartige Technik wurde mit der Erfindung

des Telegrafen und der Verlegung von Tiefseekabeln eingeführt, sie wurde durch die Erfindung des Telefons, das diese Kabel verwendete, erheblich verbreitet und dann mit der Erfindung von Funk, Fernsehen und Satellitenkommunikation allgegenwärtig. Heute kommunizieren wir mit Lichtgeschwindigkeit – routinemäßig, beiläufig, ohne viel darüber nachzudenken. Die Entwicklung von Pferd oder Segelschiff zur Lichtgeschwindigkeit stellt eine Steigerung um einen Faktor von fast 100 Millionen dar. Aus prinzipiellen Gründen, die von zentraler Bedeutung für die Funktionsweise der Welt sind, wie sie in Einsteins Spezieller Relativitätstheorie kodifiziert ist, wissen wir, daß wir Informationen nicht schneller als mit Lichtgeschwindigkeit senden können. Im Laufe nur eines Jahrhunderts sind wir an die äußerste Geschwindigkeitsgrenze gelangt. Die Technik ist so gigantisch, ihre Implikationen sind so weitreichend, daß unsere Gesellschaften damit natürlich noch nicht Schritt halten können. Wir rufen jemanden in Übersee an und nehmen jene kurze Pause wahr, die zwischen dem Ende unserer Frage und dem Anfang der Antwort unseres Gesprächspartners liegt. Diese Verzögerung ist durch die Zeit bedingt, die der von unserer Stimme erzeugte Schall benötigt, um ins Telefon zu gelangen, sich elektrisch entlang der Kabel fortzupflanzen, eine Sendestation zu erreichen, von Mikrowellen zu einem Kommunikationssatelliten in einer geosynchronen Umlaufbahn hinauf- und wieder zu einer Satellitenempfangsstation hinuntergestrahlt zu werden, erneut durch die Kabel zu laufen, eine Membran in einem Hörer zum Schwingen zu bringen (vielleicht auf der anderen Seite der Welt), Schall-

wellen in einem ganz kurzen Stückchen Luft zu erzeugen, in das Ohr eines anderen Menschen einzudringen, eine elektrochemische Botschaft vom Ohr zum Gehirn zu transportieren und verstanden zu werden.

Die Zeit, die elektromagnetische Wellen, die mit Lichtgeschwindigkeit reisen, von der Erde zum geosynchronen Satelliten und wieder zur Erde zurück benötigen, beträgt eine Viertelsekunde. Je weiter Sender und Empfänger auseinanderliegen, desto länger brauchen sie. In den Gesprächen mit den *Apollo*-Astronauten auf dem Mond machte die Verzögerung zwischen Frage und Antwort 2,6 Sekunden aus. Es dauert 20 Minuten, bis wir eine Botschaft von einem Raumschiff empfangen, das sich auf einer günstigen Marsumlaufbahn befindet. Im August 1989 erreichten uns Bilder, die die Raumsonde *Voyager 2* von Neptun sowie von seinen Monden und Ringen aufgenommen hatte – diese Daten aus den fernen planetaren Gegenden des Sonnensystems benötigten fünf Stunden, um mit Lichtgeschwindigkeit bis zu uns zu gelangen. Das war eines der längsten »Ferngespräche«, die je von der Spezies Mensch geführt wurden.

In vielen Fällen verhält sich Licht wie eine Welle. Stellen Sie sich zum Beispiel vor, daß Licht durch zwei parallele Schlitze in einen dunklen Raum fällt. Welches Bild wirft es auf einen Schirm hinter den Schlitzen? Antwort: ein Bild der Schlitze – genauer gesagt: eine Reihe von parallelen hellen und dunklen Bildern der Schlitze – ein »Interferenzmuster«. Statt sich wie ein Geschoß in einer geraden Linie fortzupflanzen, breiten sich die Wellen von den zwei

Schlitzten in verschiedenen Winkeln aus. Wo Wellenberge auf Wellenberge treffen, bekommen wir ein helles Bild des Schlitzes: »konstruktive« Interferenz. Und wo Wellenberge auf Wellentäler treffen, haben wir ein dunkles Bild vor uns: »destruktive« Interferenz. Das ist das typische Verhalten einer Welle. Das gleiche Phänomen würden Sie bei Wasserwellen und zwei Löchern, die sich an der Wasseroberfläche in den Pfosten eines Landestegs befinden, erkennen können.

Und doch verhält sich das Licht auch wie ein Strom kleiner Geschosse, Kügelchen, die man Photonen nennt. Und so funktioniert eine gewöhnliche Photozelle (in einer Kamera zum Beispiel oder in einem Taschenrechner mit einer Solarzelle): Jedes ankommende Photon löst ein Elektron aus einer empfindlichen Oberfläche, viele Photonen erzeugen viele Elektronen – einen fließenden elektrischen Strom. Wie kann Licht nun gleichzeitig eine Welle und ein Teilchen sein? Vielleicht wäre es besser, es als etwas anderes anzusehen, weder als Welle noch als Teilchen, sondern als etwas, für das es nicht so ohne weiteres ein Gegenstück in der Alltagswelt des Greifbaren gibt, etwas, das unter gewissen Umständen die Eigenschaften einer Welle und unter anderen Umständen die eines Teilchens besitzt. Dieser Welle-Teilchen-Dualismus erinnert uns wieder einmal an eine zentrale Tatsache, die uns Bescheidenheit lehrt: Die Natur richtet sich nicht immer nach unseren Neigungen und Vorlieben, nach dem, was wir für bequem und leicht verständlich halten. Aufgrund dieses Dualismus hat Licht in vieler Hinsicht aber auch ähnliche Eigenschaften wie Schall. Lichtwellen

sind dreidimensional, haben eine Frequenz, eine Wellenlänge und eine Geschwindigkeit – die erwähnte Lichtgeschwindigkeit. Aber erstaunlicherweise brauchen sie im Gegensatz zum Schall kein Medium wie Wasser oder Luft, um sich darin auszubreiten. Licht erreicht uns von der Sonne und den fernen Sternen, obwohl der dazwischenliegende Weltraum ein nahezu vollkommenes Vakuum ist. Im Weltraum können Astronauten ohne Funkverbindung einander nicht hören, selbst wenn sie nur ein paar Zentimeter auseinander sind. Da gibt es keine Luft, die den Schall trägt. Aber sie können einander vollkommen klar sehen. Wenn sie sich vorbeugen, bis sich ihre Helme berühren, dann können sie einander auch wieder hören. Wenn Sie die Luft aus Ihrem Zimmer entfernen, werden Sie nicht mehr in der Lage sein zu hören, wie sich ein Bekannter darüber beklagt, auch wenn Sie einen Augenblick lang keine Schwierigkeiten haben, ihn herumfuchtelnd und nach Luft schnappen zu sehen.

Bei gewöhnlichem sichtbarem Licht – die Art, für die unsere Augen empfindlich sind – ist die Frequenz sehr hoch: etwa 600 Billionen ($6 \text{ mal } 10^{14}$) Wellen treffen pro Sekunde auf Ihre Augäpfel. Weil die Lichtgeschwindigkeit 30 Milliarden ($3 \text{ mal } 10^{10}$) Zentimeter pro Sekunde (300.000 Kilometer pro Sekunde) beträgt, ist die Wellenlänge von sichtbarem Licht etwa 30 Milliarden geteilt durch 600 Billionen oder 0,00.005 ($3 \text{ mal } 10^{10} / 6 \text{ mal } 10^{14} = 0,5 \text{ mal } 10^{-4}$) Zentimeter – diese Wellen wären viel zu klein, als daß wir sie sehen könnten, selbst falls sie auf irgendeine Weise beleuchtet wären.

Wie unterschiedliche Schallfrequenzen von uns Menschen als unterschiedliche musikalische Töne wahrgenommen werden, so werden unterschiedliche Lichtfrequenzen als unterschiedliche Farben gesehen. Rotes Licht hat eine Frequenz von etwa 460 Billionen ($4,6 \text{ mal } 10^{12}$) Wellen pro Sekunde, violettes Licht etwa 710 Billionen ($7,1 \text{ mal } 10^{12}$) Wellen pro Sekunde. Dazwischen befinden sich die bekannten Farben des Regenbogens. Jede Farbe hat eine bestimmte Frequenz.

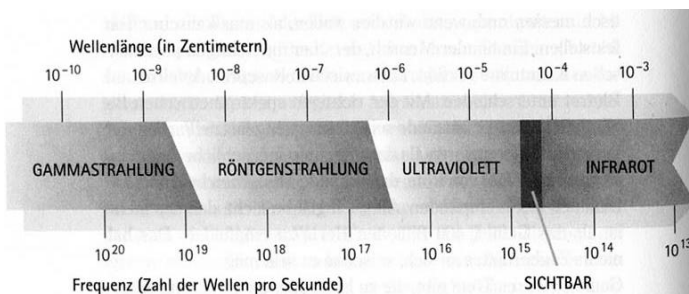
Der Frage, was denn ein musikalischer Ton einem von Geburt an tauben Menschen sage, entspricht die nach der Bedeutung von Farbe für einen von Geburt an blinden Menschen. Wieder lautet die Antwort unzweideutig: eine Wellenfrequenz – sie läßt sich optisch messen und, wenn wir dies wollen, als musikalischer Ton feststellen. Ein blinder Mensch, der über die richtigen physikalischen Kenntnisse verfügt, kann zwischen Rosenrot, Apfelrot und Blutrot unterscheiden. Mit der richtigen spektrometrischen Bibliothek könnte er imstande sein, zusammengesetzte Farben viel besser zu differenzieren als das ungeübte menschliche Auge. Ja, es gibt ein Gefühl von Röte, das sehende Menschen bei rund 460 Billionen Hertz empfinden. Aber ich glaube nicht, daß das mehr ist als das Gefühl, 460 Billionen Hertz zu empfinden. Das hat nichts Zauberhaftes an sich, so schön es sein mag. Genauso wie es Töne gibt, die zu hoch oder zu tief für unser Gehör sind, gibt es Lichtfrequenzen oder Farben außerhalb unseres Sehbereichs. Sie reichen von viel höheren Frequenzen (rund einer Milliarde Milliarden* – 10^{18} – Wellen pro Sekunde bei Gammastrahlen (Ich

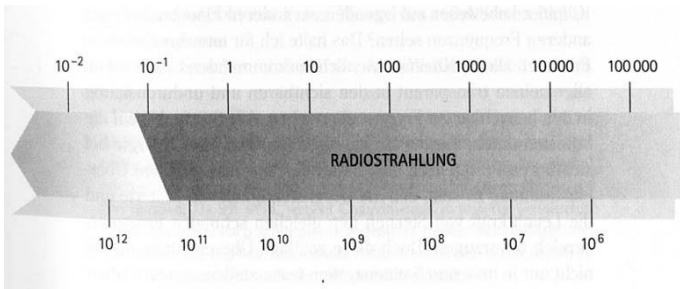
weiß, ich weiß. Aber ich kann nichts dafür – so viele sind es nun mal.)) bis zu viel tieferen (weniger als einer Welle pro Sekunde für lange Radiowellen). Von den hohen bis zu den niederen Frequenzen ziehen sich breite Bänder durch das Lichtspektrum, die man Gammastrahlen, Röntgenstrahlen, ultraviolettes Licht, sichtbares Licht, infrarotes Licht und Radiowellen nennt. All das sind Wellen, die sich durch ein Vakuum fortpflanzen. Jede kann genauso legitim als eine Art Licht betrachtet werden wie das gewöhnliche sichtbare Licht.

Für jeden dieser Frequenzbereiche gibt es eine eigene Astronomie. Der Himmel sieht in jedem Lichtsystem ganz anders aus. Zum Beispiel sind helle Sterne im Licht von Gammastrahlen unsichtbar. Dafür sind die rätselhaften Gammastrahlenblitze, wie sie von im Weltraum stationierten Gammastrahlenobservatorien entdeckt wurden, bislang in gewöhnlichem sichtbarem Licht fast überhaupt nicht zu erkennen. Wenn wir das Universum nur bei sichtbarem Licht betrachten würden – wie wir dies im Laufe unserer Geschichte größtenteils getan haben –, hätten wir keine Ahnung von der Existenz von Gammastrahlenquellen am Himmel. Das gleiche gilt für Röntgenstrahlen-, Ultraviolett-, Infrarot- und Radioquellen (ebenso wie für die eher exotischen Neutrinosterne, die Quellen von kosmischer Strahlung und vielleicht auch für Gravitationswellenquellen).

Wir sind zugunsten des sichtbaren Lichts voreingenommen. Wir sind Chauvinisten des sichtbaren Lichts, denn es ist die einzige Art von Licht, für die unsere Augen empfindlich sind. Aber

wenn unser Körper Radiowellen aussenden und empfangen könnte, dann hätten die frühen Menschen miteinander über große Entfernungen hinweg kommunizieren können; könnte er Röntgenstrahlen »sehen«, hätten unsere Ahnen nützlicherweise ins verborgene Innere von Pflanzen, Menschen, anderen Tieren und Mineralien linsen können. Warum haben wir also nicht Augen entwickelt, die für diese anderen Lichtfrequenzen empfindlich sind? Jedes beliebige Material kann Licht von bestimmten Frequenzen absorbieren, von anderen aber nicht. Unterschiedliche Substanzen haben unterschiedliche Vorlieben. Es gibt eine natürliche Resonanz zwischen Licht und Chemie. Manche Frequenzen, wie etwa die Gammastrahlen, werden wahllos von praktisch allen Materialien verschlungen. Wenn Sie eine Gammastrahlen-Taschenlampe hätten, würde ihr Licht ohne weiteres von der Luft geschluckt werden. Gammastrahlen aus dem Weltall, die einen viel längeren Weg durch die Erdatmosphäre zurücklegen müßten, würden vollständig absorbiert werden, bevor sie den Boden erreichten. Hier unten auf der Erde ist es in bezug





auf Gammastrahlen ganz dunkel – außer in der Umgebung von Atomwaffen. Wenn Sie Gammastrahlen aus dem Zentrum der Milchstraße sehen wollen, müssen Sie daher Ihre Instrumente in den Weltraum befördern. Ähnlich verhält es sich bei Röntgenstrahlen, ultraviolettem Licht und den meisten infraroten Frequenzen. Andererseits können die meisten Materialien sichtbares Licht nur schlecht absorbieren. Luft beispielsweise ist generell durchsichtig für dieses Licht. Daß wir bei Frequenzen des sichtbaren Lichts sehen, liegt also unter anderem daran, daß dies die Art von Licht ist, die durch unsere Atmosphäre zu uns heruntergelangt. Gammastrahlen-Augen wären nur von begrenztem Nutzen in einer Atmosphäre, die die Dinge im Bereich dieser Strahlen pechschwarz erscheinen läßt. Die natürliche Auslese weiß es eben besser.

Doch es gibt noch einen anderen Grund, warum wir im sichtbaren Licht sehen: In diesem Bereich stößt die Sonne den größten Teil ihrer Energie aus. Ein sehr heißer Stern strahlt sein Licht größtenteils im ultravioletten Bereich ab, ein sehr kühler Stern im infraroten. Aber die Sonne ist in mancherlei Hinsicht ein durchschnittlicher Stern – und emittiert eben

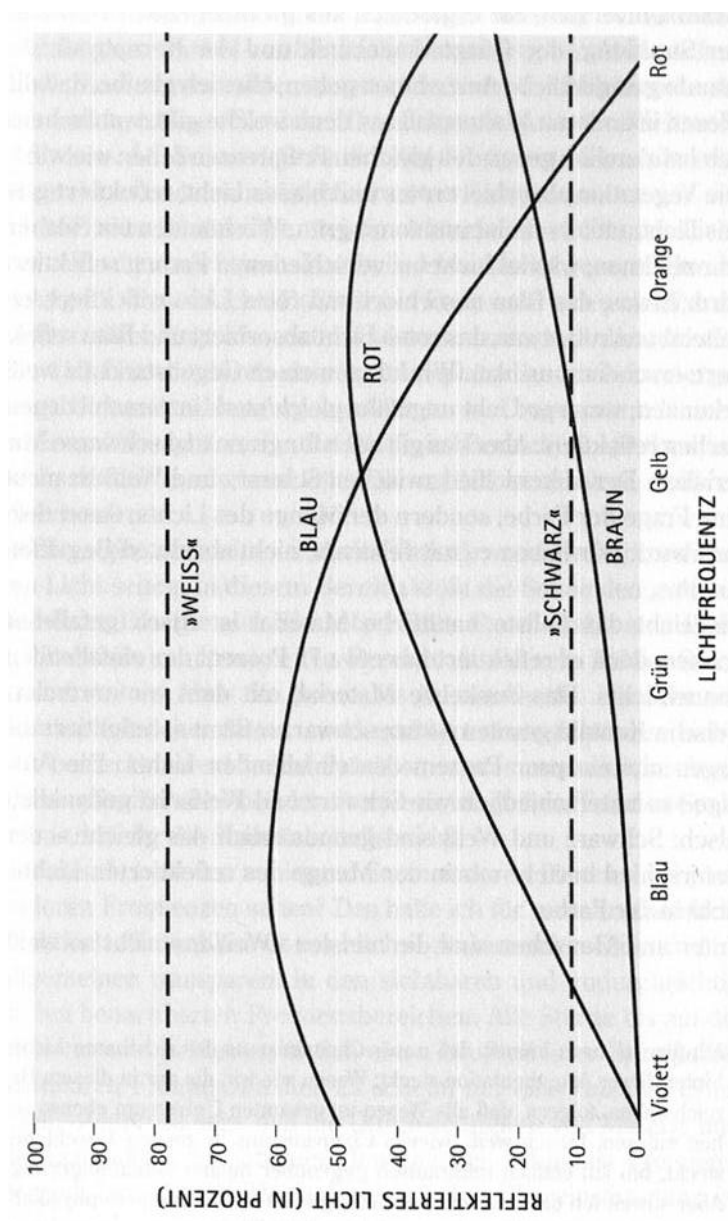
sichtbares Licht. Mit bemerkenswert hoher Präzision ist das menschliche Auge am empfindlichsten bei der Frequenz im gelben Teil des Spektrums, bei der die Sonne am hellsten ist.

Könnten Lebewesen auf irgendeinem anderen Planeten bei ganz anderen Frequenzen sehen? Das halte ich für unwahrscheinlich. Praktisch alle im Kosmos reichlich vorkommenden Gase sind im allgemeinen transparent in den sichtbaren und undurchsichtig in den benachbarten Frequenzbereichen. Alle Sterne bis auf die kühlest und heißesten stoßen einen Großteil ihrer Energie bei sichtbaren Frequenzen aus. Es scheint nur eine zufällige Übereinstimmung zu sein, daß die Durchsichtigkeit von Materie und die Leuchtkraft von Sternen den gleichen schmalen Frequenzbereich bevorzugen. Doch diese zufällige Übereinstimmung ist nicht nur in unserem Sonnensystem festzustellen, sondern überall im Universum. Sie ergibt sich aus grundlegenden Gesetzen der Strahlung, der Quantenmechanik und der Kernphysik. Es könnte gelegentliche Ausnahmen geben, aber ich glaube, daß die Wesen in anderen Welten, falls es denn welche gibt, wahrscheinlich bei ziemlich genau den gleichen Frequenzen sehen wie wir. (Ich fürchte noch immer, daß unser Chauvinismus des sichtbaren Lichts hinter dieser Argumentation steckt: Wesen wie wir, die nur in diesem Bereich sehen, folgern, daß alle Wesen im gesamten Universum ebenso sehen müssen. Da ich weiß, wieviel Chauvinismus in unserer Geschichte steckt, bin ich einfach mißtrauisch gegenüber meiner Schlußfolgerung. Aber soweit ich das beurteilen kann, ergibt sie sich aus einem physikalischen Gesetz und

nicht aus menschlicher Einbildung.)

Die Vegetation absorbiert rotes und blaues Licht, reflektiert grünes Licht und erscheint uns somit grün. Wir könnten ein Bild davon zeichnen, wieviel Licht bei verschiedenen Farben reflektiert wird. Etwas, das Blau absorbiert und rotes Licht reflektiert, erscheint uns rot; etwas, das rotes Licht absorbiert und Blau reflektiert, erscheint uns blau. Wir können einen Gegenstand als weiß erkennen, wenn er Licht ungefähr gleich stark in verschiedenen Farben reflektiert. Aber das gilt auch für graue und schwarze Materialien. Der Unterschied zwischen Schwarz und Weiß ist nicht eine Frage der Farbe, sondern der Menge des Lichts, das reflektiert wird. Wir haben es mit relativen, nicht absoluten Begriffen zu tun.

Vielleicht das hellste natürliche Material ist frisch gefallener Schnee, doch er reflektiert nur etwa 75 Prozent des einfallenden Sonnenlichts. Das dunkelste Material, mit dem wir normalerweise in Kontakt geraten – etwa schwarzer Samt –, reflektiert dagegen nur ein paar Prozent des einfallenden Lichts. Die Aussage »so unterschiedlich wie Schwarz und Weiß« ist gedanklich falsch: Schwarz und Weiß sind grundsätzlich das gleiche – der Unterschied besteht nur in der Menge des reflektierten Lichts, nicht in der Farbe. Unter uns Menschen sind die meisten »Weißen« nicht so weiß wie frisch gefallener Schnee (oder auch nur wie ein weißer Kühlschrank), und die meisten »Schwarzen« sind nicht so schwarz wie schwarzer Samt. Diese Begriffe sind



relativ, vage, verwirrend. Die Menge des einfallenden Lichts, die die menschliche Haut reflektiert, schwankt von Individuum zu Individuum erheblich. Die Pigmentierung der Haut wird hauptsächlich durch ein organisches Molekül namens Melanin hervorgerufen, das der Körper aus Tyrosin produziert, einer in Proteinen häufig vorkommenden Aminosäure. Albinos leiden unter einer Erbkrankheit, bei der kein Melanin erzeugt wird. Ihre Haut und ihr Haar sind milchig weiß. Die Iris ihrer Augen ist rosa. Albinotiere sind selten in der Natur, weil ihre Haut nur wenig Schutz gegen die Sonnenstrahlung bietet und weil ihnen eine schützende Tarnfarbe fehlt. Im allgemeinen leben Albinos nicht lange.

In den USA ist fast jeder braun. Unsere Haut reflektiert etwas mehr Licht vom roten Ende des sichtbaren Lichtspektrums als vom blauen. Es ist daher genausowenig sinnvoll, Menschen mit hohem Melaniningehalt als »farbig« zu bezeichnen, wie Menschen mit niedrigem Melaniningehalt als »gebleicht«. Nur in unmittelbar benachbarten Frequenzen des sichtbaren Lichts fallen überhaupt signifikante Unterschiede im Reflexionsvermögen der Haut auf. Dagegen sind Menschen mit nordeuropäischen Vorfahren und Menschen mit zentralafrikanischen Vorfahren gleich schwarz im ultravioletten wie im infraroten Bereich, in dem fast alle organischen Moleküle, nicht nur Melanin, Licht absorbieren. Nur im sichtbaren Frequenzbereich, in dem viele Moleküle durchsichtig sind, ist die Anomalie weißer Haut überhaupt möglich. Über den größten Teil des Spektrums hinweg sind alle

Menschen schwarz.*

Sonnenlicht besteht aus einer Mischung von Wellen mit Frequenzen, die allen Farben des Regenbogens entsprechen. Es gibt ein bißchen mehr gelbes als rotes oder blaues Licht, und dies ist einer der Gründe, warum die Sonne gelb aussieht. Doch all diese Farben fallen auch auf das Blütenblatt einer Rose. Warum ist dann die Rose rot? Weil alle Farben außer Rot im Blütenblatt bevorzugt absorbiert werden. Und das geht so: Die Lichtmischung trifft auf die Rose. Die Wellen tanzen unter der Oberfläche des Blütenblatts wild herum. Wie in der Badewanne werden die Wellen nach jedem Aufprall schwächer. Aber blaue und gelbe Wellen werden bei jeder Reflexion mehr absorbiert als rote Wellen. Das Endergebnis nach vielen inneren Aufprallvorgängen besteht darin, daß mehr rotes Licht reflektiert wird als Licht von jeder anderen Farbe, und aus diesem Grund nehmen wir die Schönheit einer roten Rose wahr. In blauen oder violetten Blumen geschieht exakt das gleiche, außer daß nunmehr nach vielfachen inneren Reflexionen bevorzugt rotes und gelbes Licht absorbiert und blaues oder violettes Licht bevorzugt reflektiert wird. Ein bestimmtes organisches Pigment ist verantwortlich für die Absorption von Licht in Blumen wie Rosen und Veilchen – Blumen, die so auffallend gefärbt sind, daß sie nach ihrem Farbton benannt sind. (Im deutschen Wort »Veilchen« ist die sprachliche Herkunft vom lateinischen *viola* nicht so unmittelbar sichtbar wie im englischen »violet«).

* Das ist auch einer der Gründe, warum Afroamerikaner« (oder entsprechende Wortzusammensetzungen in anderen Ländern) ein viel besserer Begriff als »Schwarze« oder »Neger« ist.

Dieses Pigment heißt Anthozyanin. Bemerkenswerterweise wird Anthozyanin rot, wenn es in Säure gegeben wird, blau in einer Base und violett in Wasser. Somit sind Rosen rot, weil sie Anthozyanin enthalten und leicht säurehaltig sind; Veilchen sind blau, weil sie Anthozyanin enthalten und leicht alkalisch sind. (Ich habe versucht, diese Fakten in Knittelverse zu fassen, aber ohne Erfolg.) Blaue Pigmente kommen in der Natur kaum vor. Die Seltenheit von blauem Gestein oder blauem Sand auf der Erde und anderen Planeten verweist auf diese Tatsache. Blaue Pigmente müssen ziemlich kompliziert sein: Die Anthozyanine bestehen aus etwa 20 Atomen, von denen jedes schwerer als Wasserstoff ist und die in einem bestimmten Muster angeordnet sind. Die Lebewesen haben sich die Farbe erfindungsreich zunutze gemacht: um Sonnenlicht zu absorbieren und durch Photosynthese Nahrung nur aus Luft und Wasser herzustellen, um Vogelmütter darauf hinzuweisen, wo die Kehlen ihrer Jungen sind, um ein Männchen zu interessieren, um ein bestäubendes Insekt anzulocken, zur Tarnung und Verkleidung, und – zumindest bei Menschen – aus Freude an Schönheit. Aber all dies ist nur möglich dank der Physik der Sterne, der Chemie der Luft und der eleganten Maschine des Evolutionsprozesses, der uns in eine so hervorragende Harmonie mit unserer physikalischen Umwelt gebracht hat.

Und wenn wir andere Welten erforschen, wenn wir die chemische Zusammensetzung ihrer Atmosphäre oder Oberfläche untersuchen – wenn wir uns bemühen zu verstehen, warum der hochreichende Dunst des Saturnmonds Titan braun und das

honigmelonenförmige Terrain des Neptunmonds Triton rosa ist –, dann stützen wir uns dabei auf die Eigenschaften von Lichtwellen, die sich gar nicht so sehr von den Wellen unterscheiden, die sich in der Badewanne ausbreiten. Da es bei allen Farben, die wir – auf der Erde und anderswo – sehen, um nichts anderes geht als darum, welche Wellenlängen von Sonnenlicht am besten reflektiert werden, ist es noch immer mehr als nur eine poetische Vorstellung, wenn wir uns dem Gedanken hingeben, daß die Sonne alles in ihrer Reichweite streichelt, daß Sonnenlicht der Blick Gottes ist. Aber Sie verstehen viel besser, was da vorgeht, wenn Sie statt dessen an einen tropfenden Wasserhahn denken.

Vier kosmische Fragen

»Als der Himmel hoch oben noch keinen Namen
hatte, der feste Boden darunter noch nicht benannt
war...

Keine Schilfhütte gedeckt,
kein Sumpfland aufgetaucht war,
als noch gar kein Gott erschaffen war,
als sie noch keinen Namen hatten,
ihr Los nicht entschieden war –
da wurden die Götter gebildet....«

Enuma elish,
Babylonischer Schöpfungsmythos (spätes 3.
Jahrtausend v. Chr.) *

Jede Kultur hat ihren eigenen Schöpfungsmythos – und der ist nichts anderes als ein Versuch zu verstehen, woher das Universum und alle seine Bestandteile gekommen sind. Fast immer sind diese Mythen nicht viel mehr als Geschichten, die von Geschichtenerzählern erfunden wurden. Auch in unserer Zeit haben wir einen Schöpfungsmythos. Aber er beruht auf harten wissenschaftlichen Fakten. Er lautet etwa so....

Wir leben in einem sich ausdehnenden Universum,

* »Enuma elish« sind die ersten Worte dieses Mythos. Dem entspräche es, würde die Genesis »Am Anfang« genannt werden – das griechische Wort »genesis« hat ja in der Tat eine sehr ähnliche Bedeutung.

dessen Größe und Alter für den normalen menschlichen Verstand nicht faßbar sind. Die Galaxien, die es enthält, rasen auseinander – die Überreste einer ungeheuren Explosion, des Urknalls. Manche Wissenschaftler meinen, daß das Universum möglicherweise nur eines unter vielleicht unendlich vielen anderen in sich geschlossenen Universen ist. Einige von ihnen wachsen und brechen dann in sich zusammen, leben und sterben in einem einzigen Augenblick. Andere dehnen sich vielleicht ewig aus. Wieder andere können sich in einem subtilen Gleichgewicht befinden und eine große Zahl – vielleicht eine unendliche Zahl – von Expansionen und Kontraktionen durchlaufen. Unser eigenes Universum hat seinen Ursprung oder zumindest seine gegenwärtige Inkarnation, den Urknall, etwa 15 Milliarden Jahre hinter sich. In jenen anderen Universen mag es andere Naturgesetze und andere Formen von Materie geben. In vielen ist vielleicht kein Leben möglich, da es dort keine Sonnen und Planeten oder nicht einmal chemische Elemente gibt, die komplexer sind als Wasserstoff und Helium. Andere mögen eine Komplexität, Vielfalt und Reichhaltigkeit besitzen, die unser Universum in den Schatten stellt. Falls diese anderen Universen existieren, werden wir vielleicht nie imstande sein, ihre Geheimnisse zu ergründen, geschweige denn sie zu besuchen. Aber wir haben auch genug mit unserem eigenen zu tun.

Unser Universum setzt sich aus einigen hundert Milliarden Galaxien zusammen, und eine davon ist die Milchstraße. »Unsere Galaxis« nennen wir sie gern, obwohl sie uns gewiß nicht gehört. Sie besteht

aus Gas und Staub und etwa 400 Milliarden Sonnen. Eine dieser Sonnen, in einem eher abgelegenen Spiralarm, ist unsere Sonne, der lokale Stern – soweit wir feststellen können, ist er trist, stumpfsinnig und gewöhnlich. Auf ihrer 250 Millionen Jahre langen Reise um das Zentrum der Milchstraße wird die Sonne von einem Gefolge kleiner Welten begleitet. Einige sind Planeten, andere Monde, einige sind Asteroiden, wieder andere Kometen. Wir Menschen sind eine von 50 Milliarden Arten, die auf einem kleinen Planeten, dem dritten von der Sonne aus gesehen, den wir Erde nennen, entstanden sind und sich entwickelt haben. Wir haben Raumschiffe ausgesandt, um 70 andere Welten in unserem Sonnensystem zu untersuchen sowie in die Atmosphäre von vieren einzudringen oder auf deren Oberfläche zu landen: Mond, Venus, Mars und Jupiter. Wir haben uns auf eine mythische Aufgabe eingelassen.

Das Prophezeien ist eine verlorengegangene Kunst. Ungeachtet unseres »inbrünstigen Verlangens, die dichte Finsternis der Zukunft zu durchdringen«, wie Charles McKay es formuliert hat, gelingt uns das nicht sehr gut. In der Wissenschaft kommen die wichtigsten Entdeckungen oft ganz und gar unerwartet – sie sind dann nicht bloß eine Extrapolation dessen, was wir gegenwärtig wissen, sondern etwas völlig anderes. Das liegt daran, daß die Natur viel erfinderischer, subtiler und eleganter als wir Menschen ist. In gewisser Weise ist es daher töricht, wenn man vorherzusagen versucht, was denn die bedeutendsten astronomischen Funde in den nächsten paar Jahrzehnten sein könnten – der künftige

Entwurf unseres Schöpfungsmythos. Andererseits aber gibt es erkennbare Trends in der Entwicklung neuer Instrumente, die zumindest auf die Möglichkeit atemberaubender neuer Entdeckungen hindeuten.

Welche vier Probleme ein Astronom für die interessantesten hält, ist höchst subjektiv, und ich weiß, daß viele Kollegen eine andere Auswahl treffen würden als ich. Oft genannte Kandidaten sind beispielsweise die Frage, woraus 90 Prozent des Universums bestehen (wir wissen es noch immer nicht), die Entdeckung des nächsten Schwarzen Lochs oder der bizarr anmutende Umstand, daß die Entfernungen von Galaxien gequantelt sind – das heißt, Galaxien befinden sich in bestimmten Entfernungen und in den Vielfachen dieser Entfernungen voneinander, aber nicht in dazwischenliegenden Entfernungen. Ferner sind auch die Beschaffenheit von Gammastrahlenquellen, in denen Gebilde von der Größe ganzer Sonnensysteme episodisch explodieren, das offenkundige Paradox, daß das Alter des Universums vielleicht geringer ist als das Alter der ältesten Sterne (wahrscheinlich mit Hilfe der Daten des Hubble-Weltraumteleskops gelöst – demzufolge ist das Universum 15 Milliarden Jahre alt), die Untersuchung von Kometenproben in Erdlaboratorien, die Suche nach interstellaren Aminosäuren und die Beschaffenheit der frühesten Galaxien zu nennen.

Doch solange die Mittel für die Astronomie und Weltraumforschung weltweit nicht drastisch gekürzt werden – eine traurige, aber keineswegs undenkbare Möglichkeit –, sollten wir uns meiner Meinung nach mit den folgenden vier Fragen (eine fünfte wird im

folgenden Kapitel behandelt) von ungeheurer Tragweite befassen:

1. *Hat es jemals Leben auf dem Mars gegeben?*

Der Planet Mars ist heute eine knochentrocken gefrorene Wüste. Aber auf dem ganzen Planeten gibt es eindeutig erhaltene alte Flußtäler. Es sind auch Anzeichen von alten Seen und vielleicht sogar Ozeanen zu finden. Aufgrund der Tatsache, daß das Terrain von Kratern übersät ist, können wir grob schätzen, wann es auf dem roten Planeten wärmer und feuchter gewesen ist. Die Methoden zu einer solchen Schätzung sind anhand der Krater auf unserem Mond und anhand der radioaktiven Datierung der Halbwertszeit von Elementen in Mondgesteinsproben, die von den *Apollo*-Astronauten zurückgebracht wurden, so weit entwickelt worden, daß wir zu einer Datierung kommen: vor etwa vier Milliarden Jahren. Aber gerade vor vier Milliarden Jahren ist das Leben auf der Erde entstanden. Ist es möglich, daß es zwei benachbarte Planeten mit ganz ähnlichen Umweltbedingungen gab und daß sich Leben auf dem einen, aber nicht auf dem anderen entwickelt hat? Oder hat es früher Leben auf dem Mars gegeben, das jedoch ausgelöscht wurde, als sich das Klima auf geheimnisvolle Weise veränderte? Oder könnte es sogar Oasen oder Refugien geben, vielleicht unter der Oberfläche, in denen sich Lebensformen noch bis in unsere Zeit gehalten haben? Der Mars stellt uns somit zwei grundlegende Rätsel: Gab es in der Vergangenheit oder gibt es gar in der Gegenwart Leben? Aus welchem Grund ist ein erdähnlicher Planet in eine ewige Eiszeit eingeschlossen? Letztere Frage kann von praktischem Interesse für uns Menschen sein –

eine Spezies, die emsig Schindluder mit ihrer Umwelt treibt und kaum eine blasse Ahnung von den Folgen dieses Verhaltens hat.

Als die Raumsonde *Viking* 1976 auf dem Mars landete, schnüffelte sie in der Atmosphäre herum und entdeckte zwar viele Gase, die es auch in der Erdatmosphäre gibt – zum Beispiel Kohlendioxid –, aber auch einen Mangel an Gasen, die in unserer Atmosphäre vorherrschen – Ozon zum Beispiel. Darüber hinaus wurde die spezielle Molekülart, ihre Isotopenzusammensetzung, ermittelt – sie unterschied sich in vielen Fällen von der Isotopenzusammensetzung der vergleichbaren Moleküle auf der Erde. Wir hatten die typische Signatur der Marsatmosphäre entdeckt.

Dann geschah etwas Merkwürdiges. Meteoriten – Gesteinsbrocken aus dem Weltall – waren auf dem ewigen Eis der Antarktis entdeckt worden. Einige hatte man schon zur Zeit der *Viking*-Mission gefunden, andere danach – aber alle waren davor auf die Erde gefallen, oft schon vor Zehntausenden von Jahren. Auf dem sauberen antarktischen Eispanzer waren sie unschwer zu erkennen. Die meisten der eingesammelten Meteoriten wurden ins Lunar Receiving Laboratory in Houston gebracht, wie dieses Institut zur Zeit der *Apollo*-Missionen hieß.

Doch da die NASA heutzutage nur über sehr spärliche Mittel verfügt, waren all diese Meteoriten jahrelang nicht einmal einer vorläufigen Untersuchung unterzogen worden. Bei einigen stellte sich heraus, daß sie vom Mond stammten – ein Meteorit oder ein Stück Kometenabfall war auf dem Mond aufgeschlagen und hatte Mondgestein ins

Weltall hinausgesprengt, und ein oder mehrere Stücke landeten in der Antarktis. Ein oder zwei dieser Meteoriten waren von der Venus, und erstaunlicherweise kamen einige vom Mars – nach der Marsatmosphären-Signatur zu urteilen, die in den Mineralien dieser Meteoriten verborgen war. 1995/96 machten sich Wissenschaftler am Johnson Space Flight Center der NASA endlich daran, einen der Meteoriten – ALH 84.001 – zu untersuchen, der offenbar vom Mars stammte. Er sah keineswegs ungewöhnlich aus, sondern ähnelte eher einer bräunlichen Kartoffel. Bei der mikrochemischen Untersuchung wurden bestimmte Arten von organischen Molekülen entdeckt, hauptsächlich polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Die sind an sich noch nicht bemerkenswert. Strukturell erinnern sie an die hexagonalen Muster von Badezimmerkacheln, und in jedem Scheitelpunkt haben sie ein Kohlenstoffatom. Man kennt sie aus gewöhnlichen Meteoriten, aus interstellaren Sandkörnern, und man vermutet sie auf Jupiter und Titan. Sie sind keineswegs ein Hinweis auf Leben. Aber diese polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe waren so angeordnet, daß sie sich überwiegend tiefer in dem antarktischen Meteoriten befanden, und das legte die Vermutung nahe, daß ihre Anwesenheit nicht auf Verschmutzung durch Erdgesteine (oder Autoabgase) zurückzuführen war, sondern daß sie ein innerer Bestandteil des Meteoriten waren. Dennoch verweisen auch diese Kohlenwasserstoffe in nichtkontaminierten Meteoriten nicht auf Leben. Darüber hinaus wurden andere Mineralien gefunden, die zuweilen mit Lebensformen auf der

Erde verbunden sind. Am aufregendsten war jedoch die Entdeckung von Nanofossilien, wie manche Wissenschaftler dieses Phänomen nennen: winzige Kügelchen, die aneinanderhängen wie ganz kleine Bakterienkolonien auf der Erde. Aber können wir denn sicher sein, daß es keine terrestrischen oder Mars-Mineralien gibt, die eine ähnliche Form haben? Reichen die Beweise aus? Seit Jahren betone ich im Hinblick auf UFOs, daß außergewöhnliche Behauptungen auch außergewöhnlich stichhaltige Beweise erfordern. Die Beweise für ein Leben auf dem Mars sind noch nicht außergewöhnlich genug. Wie auch immer – es ist ein Anfang. Er verweist uns auf andere Teile dieses bestimmten Marsmeteoriten, und er führt uns zu anderen Gesteinsbrocken des roten Planeten. Des weiteren regt er die Suche nach ganz anderen Meteoriten im antarktischen Eis an. Wir sollten den Hinweisen nachgehen und nicht nur nach anderen tief vergrabenen Steinen suchen, die vom Mars zu uns gekommen sind oder die wir auf dem Mars finden, sondern nach viel näher an der Oberfläche liegenden Steinen. Wir müssen uns noch einmal die rätselhaften Ergebnisse vornehmen, die die biologischen Experimente der *Viking-Sonde* erbracht haben und die teilweise, wie ein paar Wissenschaftler behauptet haben, auf die Anwesenheit von Leben hindeuten. Wir sollten Weltraummissionen zu speziellen Gebieten auf dem Mars schicken, die vielleicht als letzte ihre Wärme und Feuchtigkeit verloren haben. Damit eröffnet sich das ganze Gebiet der Mars-Exobiologie.

Und wenn wir soviel Glück haben, auch nur eine simple Mikrobe auf dem Mars zu finden, dann haben wir es mit dem wunderbaren Fall zweier

Nachbarplaneten zu tun, auf denen es in der gleichen frühen Epoche Leben gegeben hat. Vielleicht wurde ja das Leben durch den Aufprall von Meteoriten von einer Welt zur anderen transportiert, und das verwies dann nicht auf einen unabhängigen Ursprung von Leben auf jeder der beiden Welten. Das sollten wir eigentlich überprüfen können, indem wir die organische Chemie und Morphologie der entdeckten Lebensformen untersuchen. Vielleicht ist nur auf einer dieser Welten Leben entstanden, hat sich aber auf beiden separat entwickelt. Dann hätten wir das Beispiel einer mehrere Milliarden Jahre währenden unabhängigen Evolution vor uns, eine biologische Goldgrube, an die wir auf keine andere Weise herankommen.

Und wenn wir ganz besonders viel Glück haben, entdecken wir wirklich unabhängige Lebensformen. Basiert ihr genetischer Code auf Nukleinsäuren? Basiert ihre Enzymkatalyse auf Proteinen? Welchen genetischen Code benutzen sie? Wie auch immer die Antworten auf diese Fragen lauten mögen – die gesamte biologische Wissenschaft wäre der Gewinner. Und was auch immer dabei herauskommt, so folgt doch auf jeden Fall, daß das Leben vielleicht viel weiter verbreitet ist, als die meisten Wissenschaftler gedacht hatten.

Viele Länder planen mit Nachdruck unbemannte Marsmissionen, die im nächsten Jahrzehnt unserem Nachbarplaneten mit Landefähren, Geländefahrzeugen und unter die Oberfläche dringenden Raumschiffen zu Leibe rücken sollen, um den Grundstein zur Beantwortung dieser Fragen zu legen – und vielleicht bringt im Jahre 2005 eine solche

Mission Oberflächenproben vom Mars zur Erde zurück.

2. Ist Titan ein Labor für die Entstehung von Leben?

Titan ist der große Saturnmond, eine außergewöhnliche Welt mit einer Atmosphäre, die zehnmal dichter als die Erdatmosphäre ist und hauptsächlich aus Stickstoff (wie unsere) und Methan (CH_4) besteht. Die beiden US-Raumsonden *Voyager 1* und *2* entdeckten eine Reihe von einfachen organischen Molekülen in der Atmosphäre von Titan: Kohlenstoffverbindungen, die am Ursprung des Lebens auf der Erde beteiligt gewesen sind. Dieser Mond ist von einer undurchsichtigen rötlichen Dunstschicht umgeben, deren Eigenschaften mit denen eines rotbraunen Feststoffs identisch sind, wie er im Labor erzeugt wird, wenn man eine simulierte Titan-Atmosphäre mit Energie versorgt. Wenn wir die Zusammensetzung dieses Stoffs analysieren, entdecken wir viele wesentliche Bausteine des Lebens auf der Erde. Weil Titan so weit von der Sonne entfernt ist, müßte dort eigentlich alles Wasser gefroren sein – und so könnte man denken, er wäre bestenfalls ein unvollkommenes Gegenstück der Erde, wie sie ausgesehen hat, als das Leben entstanden ist. Allerdings können gelegentliche Kometeneinschläge die Oberfläche schmelzen, und es hat den Anschein, als ob sich jeder Ort auf Titan in dessen 4,5 Milliarden Jahre alter Geschichte mehr oder weniger ein Jahrtausend lang unter Wasser befunden hat. Im Jahr 2004 wird die NA-SA-Raumsonde *Cassini* im Saturnsystem eintreffen; eine von der ESA gebaute Tochtersonde namens *Huygens* wird sich von ihr lösen und langsam durch die Titan-Atmosphäre zu

seiner rätselhaften Oberfläche des Mondes hinabsinken. Dann werden wir vielleicht erfahren, wie weit Titan auf dem Weg zum Leben vorangekommen ist.

3. Gibt es im Weltall intelligentes Leben?

Radiowellen pflanzen sich mit Lichtgeschwindigkeit fort. Nichts bewegt sich schneller. Mit der richtigen Frequenz durchdringen sie sauber den interstellaren Weltraum und die Atmosphäre von Planeten. Würde das größte Radioteleskop der Erde auf ein entsprechendes Teleskop auf einem Planeten eines anderen Sterns gerichtet, könnten die beiden Teleskope durch Tausende von Lichtjahren getrennt sein und einander dennoch empfangen. Aus diesen Gründen versucht man, mit Hilfe von Radioteleskopen festzustellen, ob jemand da draußen uns eine Botschaft sendet. Bislang haben wir zwar keine gesicherten Erkenntnisse gewonnen, aber es hat beunruhigende »Vorkommnisse« gegeben – Signale wurden aufgezeichnet, die alle Kriterien extraterrestrischer Intelligenz erfüllten außer einem: Wenn man das Teleskop Minuten, Monate oder Jahre später erneut auf den gleichen Himmelsabschnitt richtete, war das Signal nie wieder zu empfangen. Wir befinden uns erst am Anfang des Suchprogramms. Eine wirklich gründliche Suche würde ein oder zwei Jahrzehnte dauern. Doch falls irgendwann extraterrestrische Intelligenz gefunden werden sollte, dann wird sich unsere Ansicht über das Universum und über uns selbst für immer ändern. Und wenn wir nach einer langen und systematischen Suche nichts finden sollten, dann haben wir vielleicht die Seltenheit und Kostbarkeit des Lebens auf der Erde

wissenschaftlich bestätigt. So oder so lohnt sich also diese Suche.

4. Welchen Ursprung und welches Schicksal hat das Universum?

Erstaunlicherweise steht die moderne Astrophysik kurz davor, grundlegende Erkenntnisse über den Ursprung, die Beschaffenheit und das Schicksal des gesamten Universums zu gewinnen. Das Universum dehnt sich aus; alle Galaxien entfernen sich mit rasender Geschwindigkeit voneinander, wie Edwin Hubble herausgefunden hat. Diese Expansion des Weltalls ist ein wichtiger Anhaltspunkt für eine ungeheure Explosion am Anfang des Universums – oder zumindest seiner gegenwärtigen Inkarnation. Die Schwerkraft der Erde reicht zwar aus, einen zum Himmel hochgeworfenen Stein wieder anzuziehen, aber nicht eine mit Fluchtgeschwindigkeit gestartete Rakete. Und genauso verhält es sich beim Universum: Wenn es eine große Menge Materie enthält, wird die von all dieser Materie ausgehende Schwerkraft die Ausdehnung verlangsamen und anhalten. Ein sich ausdehnendes Universum wird in ein kollabierendes Universum umgewandelt. Wenn es jedoch nicht genügend Materie gibt, wird die Ausdehnung ewig weitergehen. Der gegenwärtige Bestand an Materie im Universum reicht nicht aus, die Ausdehnung zu verlangsamen, aber einiges spricht für die Annahme, daß es eine ganze Menge dunkler Materie geben könnte, die ihr Vorhandensein den Astronomen nicht verrät, indem sie bequemerweise Licht ausstrahlt. Falls sich herausstellen sollte, daß das Universum sich nur vorübergehend ausdehnt und letzten Endes durch ein sich zusammenziehendes Universum ersetzt wird,

dann bestünde ganz sicher die Möglichkeit, daß es eine unendliche Zahl von Expansionen und Kontraktionen durchläuft und unendlich alt ist. Ein unendlich altes Universum muß nicht erschaffen werden. Es war immer schon da. Wenn andererseits nicht genügend Materie vorhanden wäre, um die Ausdehnung umzukehren, dann entspräche das einem aus dem Nichts erschaffenen Universum. Das sind tiefe und schwierige Fragen, mit denen sich jede menschliche Kultur auf die eine oder andere Weise auseinanderzusetzen versucht hat. Aber erst in unserer Zeit besteht wirklich die Aussicht, daß wir einige Antworten auf diese Fragen bekommen könnten. Nicht durch Vermutungen oder Geschichten, sondern durch reale, wiederholbare, verifizierbare Beobachtungen.

Ich glaube, es gibt eine reelle Chance, daß aufregende Enthüllungen auf allen diesen vier Gebieten in den nächsten ein, zwei Jahrzehnten zu erwarten sind. Wie gesagt, es gibt noch viele andere offene Fragen in der modernen Astronomie, die ich hier hätte aufwerfen können, aber eines wage ich mit größter Gewißheit vorherzusagen: Von den erstaunlichsten Entwicklungen der Zukunft haben wir heute noch nicht die geringste Ahnung.

So viele Sonnen, so viele Welten

»Was für einen wunderbaren und erstaunlichen
Plan der
herrlichen Weite des Universums haben wir hier
vor uns!
So viele Sonnen, so viele Erden...!«

Christian Huygens,
*Kosmothe oros, sive de terris coelestibus, earumque
ornatu coniecturae* [um 1670]

Im Dezember 1995 sank eine von der Raumsonde *Galileo* ausgesandte Kapsel in die turbulente, aufgewühlte Atmosphäre von Jupiter hinab, bis sie verglühte. Auf ihrer Bahn funkte sie Informationen via *Galileo* zur Erde. Zuvor schon hatten vier andere Raumsonden Jupiter im Vorbeiflug erforscht. Außerdem ist der Planet durch Teleskope auf der Erde wie im Weltraum untersucht worden. Im Unterschied zur Erde, die vorwiegend aus Gestein und Metall zusammengesetzt ist, besteht Jupiter größtenteils aus Wasserstoff und Helium. Er ist so groß, daß 1000 Erden darin Platz fänden. In der Tiefe wird der Atmosphärendruck so groß, daß Elektronen aus Atomen herausgepreßt werden und der Wasserstoff ein heißes Metall wird. Dieser Zustand, so glaubt man, führt dazu, daß Jupiter rund doppelt soviel Energie ausstößt, als er von der Sonne erhält. Die Winde, die *Galileo* schüttelten, wenn er dem

Gasriesen zu nahe kam, entstehen wahrscheinlich nicht aufgrund von Sonnenlicht, sondern aus der Energie, die sich tief im Inneren des Planeten entwickelt. Im Kern von Jupiter befindet sich anscheinend eine Welt aus Gestein und Eisen, die ein Mehrfaches der Erdmasse darstellt und von dem gewaltigen Ozean aus Wasserstoff und Helium umgeben ist. In den nächsten Jahrhunderten oder Jahrtausenden werden Menschen außerstande sein, den metallischen Wasserstoff aufzusuchen – vom Gesteinskern ganz zu schweigen.

Der Druck im Innern von Jupiter ist so groß, daß man sich dort kaum Leben vorstellen kann – selbst ein Leben, das ganz anders als das unsere ist. Einige Wissenschaftler, zu denen auch ich gehörte, haben einmal spaßeshalber versucht, sich ein Ökosystem vorzustellen, das sich in der Atmosphäre eines jupiterähnlichen Planeten entwickeln könnte, so etwas wie die Mikroben und die Fische in den Ozeanen der Erde. Die Entstehung von Leben könnte in einer derartigen Umwelt natürlich sehr schwierig sein, aber inzwischen wissen wir, daß Zusammenstöße mit Trümmern von Asteroiden und Kometen Oberflächenmaterial von einer Welt zur anderen transferieren, ja, es ist sogar möglich, daß solche Zusammenstöße in der Frühgeschichte der Erde primitive Lebensformen von unserem Planeten zum Jupiter transferiert haben. Das ist allerdings reine Spekulation. Jupiter ist etwa fünf Astronomische Einheiten von der Sonne entfernt. Eine Astronomische Einheit (AE) entspricht der Entfernung der Erde von der Sonne, also etwa 150 Millionen Kilometern. Wenn es die Hitze im Innern

des Planeten sowie den Treibhauseffekt in seiner riesigen Atmosphäre nicht gäbe, würde die Temperatur dort etwa 160 Grad unter Null betragen. Das ist ungefähr die Temperatur auf der Oberfläche der Jupitermonde, also viel zu kalt für Leben.

Jupiter und die meisten anderen Planeten in unserem Sonnensystem umrunden die Sonne in der gleichen Ebene. Es ist als ob sie sich in getrennten Rillen auf einer Schallplatte befänden, deren Mitte die Sonne darstellt. Warum muß das eigentlich so sein? Warum könnten die Umlaufebenen nicht in allen Winkeln geneigt sein? Isaac Newton, der geniale Mathematiker, der als erster begriffen hatte, wie die Schwerkraft sich auf die Bewegung der Planeten auswirkt, war verblüfft über die geringen Neigungsunterschiede zwischen den Umlaufebenen der Planeten und folgerte, Gott müsse, als er das Sonnensystem eingerichtet hat, alle Planeten auf der gleichen Umlaufebene habe starten lassen. Aber der Mathematiker Pierre Simon Marquis de Laplace und später der berühmte Philosoph Immanuel Kant fanden heraus, wie dies auch ohne göttliche Einmischung geschehen konnte. Ironischerweise griffen sie dabei gerade auf die physikalischen Gesetze zurück, die Newton entdeckt hatte. Die Kant-Laplacesche Hypothese läßt sich kurz etwa folgendermaßen wiedergeben: Stellen Sie sich eine unregelmäßig geformte, langsam rotierende Gas- und Staubwolke zwischen den Sternen vor. Es gibt viele solcher Wolken. Wenn ihre Dichte ausreichend hoch ist, wird die gegenseitige Anziehungskraft zwischen den verschiedenen Teilen der Wolke stärker als ihre interne Bewegung sein, und die Wolke fängt an, sich

zusammenzuziehen. Dabei wird sie sich immer schneller um sich selbst drehen, wie eine Eisläuferin, die bei einer Pirouette die Arme anlegt. Die Drehung wird zwar nicht das Zusammenfallen der Wolke entlang der Rotationsachse verzögern, aber die Kontraktion in der Ebene der Drehung verlangsamen. Die zunächst unregelmäßige Wolke wandelt sich zu einer flachen Scheibe um. Daher werden alle Planeten, die aus dieser Scheibe heraus zusammenwachsen oder kondensieren, so ziemlich in der gleichen Ebene rotieren. Somit reichen die Gesetze der Physik aus, ohne daß es einer übernatürlichen Einmischung bedarf.

Aber die Behauptung, daß eine derartige scheibenartige Wolke existierte, bevor sich die Planeten gebildet hätten, ist eines, diese Behauptung zu bestätigen, indem man derartige Scheiben tatsächlich um andere Sterne herum erkennt, ist etwas ganz anderes. So hielt Immanuel Kant selbst die am Nachthimmel sichtbaren Nebelscheiben für präplanetarische Scheiben und dachte, mit dieser Beobachtung wäre die »Nebelhypothese« vom Ursprung der Planeten bestätigt worden. (*Nebula* leitet sich vom griechischen Wort für Wolke ab.) Erst viel später stellte sich heraus, daß diese Spiralformen ferne Galaxien voller Sterne und nicht etwa benachbarte Geburtsstätten von Sternen und Planeten waren. Zirkumstellare Scheiben ließen sich kaum finden. Es dauerte bis weit ins 20. Jahrhundert, bis die Nebelhypothese mit Hilfe von Beobachtungsgeräten wie den Orbitalobservatorien bestätigt wurde. Wenn wir junge, sonnenähnliche Sterne beobachten, wie unsere Sonne vor vier oder fünf Milliarden Jahren

einer gewesen war, entdecken wir, daß über die Hälfte dieser Sterne von flachen Staub- und Gasscheiben umgeben ist. In vielen Fällen hat es den Anschein, als seien die Bereiche nahe dem Stern frei von Staub und Gas, als ob sich dort bereits Planeten gebildet hätten, indem sie die interplanetare Materie verschlangen. Das ist zwar kein definitiver Beweis, legt aber die Vermutung sehr nahe, daß Sterne wie der unsere häufig, wenn nicht gar stets von Planeten begleitet werden. Derartige Entdeckungen lassen die wahrscheinliche Anzahl von Planeten in der Milchstraße auf etliche Milliarden anwachsen.

Aber hat man denn tatsächlich schon andere Planeten entdeckt? Zugegeben, die Sterne sind sehr weit weg – der nächste ist fast eine Million AE von uns entfernt –, und im sichtbaren Licht leuchten die Planeten nur durch Reflexion. Aber unsere Technik wird sprunghaft besser. Sollten wir nicht zumindest große Vettern von Jupiter finden können, die nahe gelegene Sterne umkreisen, wenn schon nicht im sichtbaren Licht, so doch vielleicht im Infrarotbereich?

In den letzten Jahren sind wir in eine neue Ära der Menschheitsgeschichte eingetreten, indem wir nun tatsächlich in der Lage sind, die Planeten anderer Sterne ins Visier zu nehmen. Das erste verläßlich entdeckte Planetensystem begleitet einen höchst merkwürdigen Stern: B 1257 + 12 ist ein rasch rotierender Neutronenstern, Überbleibsel eines Sterns, der einmal größer als die Sonne gewesen war und in einer gewaltigen Supernova explodiert ist. Das Magnetfeld dieses Neutronensterns fängt Elektronen ein und zwingt sie, sich auf solchen Bahnen zu

bewegen, daß sie wie ein Leuchtturm einen Strahl von Radiowellen quer durch den interstellaren Raum schicken. Zufällig erfaßt der Strahl die Erde – einmal alle 0,0062185319388187 Sekunden. Daher nennt man B 1257 + 12 auch einen Pulsar. Seine Rotationszeit ist erstaunlich konstant. Aufgrund der hohen Genauigkeit der Messungen gelang es Alex Wolszczan, der inzwischen an der Penn State University ist, sogenannte »glitches« zu entdecken: Unregelmäßigkeiten in den letzten paar Dezimalstellen. Wodurch werden sie verursacht? Durch Sternenbeben oder andere Phänomene auf dem Neutronenstern selbst? Im Laufe der Jahre haben sie präzise so variiert, wie man es erwarten würde, wenn Planeten B 1257 + 12 umkreisen und an ihm geringfügig erst in dieser, dann in jener Richtung ziehen würden. Die quantitative Übereinstimmung ist so exakt, daß die Schlußfolgerung zwingend ist: Wolszczan hat die ersten Planeten jenseits der Sonne entdeckt. Mehr noch: Es sind keine Giganten von der Größe Jupiters. Zwei sind wahrscheinlich nicht viel größer als die Erde und umkreisen ihren Stern in Entfernungen, die sich nicht allzusehr von dem Abstand der Erde von der Sonne (1 AE) unterscheiden. Könnten wir nun davon ausgehen, daß es auf diesen Planeten Leben gibt? Leider stößt der Neutronenstern einen Sturm geladener Teilchen aus, der die Temperatur seiner erdähnlichen Planeten weit über den Siedepunkt von Wasser erhöht. Da dieses System 1300 Lichtjahre von uns entfernt ist, werden wir nicht so bald zu ihm gelangen. Derzeit ist es noch ein Rätsel, ob diese Planeten die Supernovaexplosion überlebt haben, die den Pulsar erzeugt hat, oder ob sie

aus den Überresten dieser Explosion gebildet wurden. Kurz nach Wolszczans epochaler Entdeckung wurden (vornehmlich von Geoff Marcy und Paul Butler von der San Francisco State University) mehrere weitere Objekte mit einer planetaren Masse entdeckt, die sich um andere Sterne bewegten – gewöhnliche, sonnenähnliche Sterne in diesem Fall. Dabei wurde eine andere, sehr viel schwieriger anzuwendende Technik eingesetzt. Diese Planeten wurden mit Hilfe von konventionellen optischen Teleskopen gefunden, die die periodischen Veränderungen in den Spektren benachbarter Sterne überwachten. Manchmal kann sich ein Stern eine Zeitlang auf uns zu und dann wieder von uns wegbewegen, was sich an den Veränderungen in der Wellenlänge seiner Spektrallinien feststellen läßt. Es handelt sich hier um den sogenannten Dopplereffekt – ähnlich den Veränderungen in der Frequenz einer Autohupe, wenn sich das Auto auf uns zu- oder von uns wegbewegt. Doch die Ergebnisse der Analyse machen nur Sinn, wenn man annähme, daß irgendein unsichtbarer Körper an diesem Stern zieht. Wieder wurde eine unsichtbare Welt durch eine quantitative Übereinstimmung entdeckt: zwischen den beobachteten, leicht periodisch schwankenden Bewegungen des Sterns und dem, was man erwarten würde, wenn der Stern einen benachbarten Planeten hätte. Nach den Ergebnissen der Spezialisten werden die Sterne 51 Pegasi, 70 Virginis und 47 Ursae Maioris in den Sternbildern Pegasus, Jungfrau und Großer Wagen von solchen benachbarten Planeten umkreist. 1996 wurden weitere Trabanten auch um die Sterne 55 Cancri im Sternbild Krebs, Tau Bootis

und Epsilon Andromedae entdeckt. 47 Ursae Majoris wie 70 Virginis sind mit bloßem Auge am Frühlingsabendhimmel zu erkennen. Es sind sehr nahe Sterne. Die Massen dieser Planeten scheinen teilweise etwas kleiner als die von Jupiter zu sein, teilweise aber auch ein Vielfaches zu betragen. Am überraschendsten ist, daß sie ihren Sternen sehr nahe sind: von 0,05 AE bei 51 Pegasi bis zu etwas über 2 AE bei Ursae Majoris. Diese Systeme enthalten vielleicht auch noch kleinere, erdähnliche Planeten, sie sind jedoch nicht wie unser Sonnensystem angelegt.

In unserem Sonnensystem befinden sich die kleinen, erdähnlichen Planeten auf den inneren und die großen, jupiterartigen Planeten auf den äußeren Umlaufbahnen. Bei diesen Sternen sind die Planeten mit einer jupiterähnlichen Masse anscheinend auf den inneren Bahnen zu finden. Wie sich das ergeben konnte, kann bis heute niemand sagen. Wir wissen nicht einmal, ob sie wirklich jupiterähnliche Planeten sind, mit einer gewaltigen Atmosphäre aus Wasserstoff und Helium, metallischem Wasserstoff in der Tiefe und einem noch tieferen erdartigen Kern. Immerhin wissen wir, daß die Atmosphären von jupiterähnlichen Planeten in einer so nahen Entfernung zu ihren Sternen nicht verdampfen. Es scheint zwar nicht plausibel zu sein, daß sie sich an der Peripherie ihrer Sonnensysteme gebildet haben und dann irgendwie näher zu ihren Sternen hingewandert sind. Aber vielleicht konnten einige frühe Riesenplaneten durch das Nebelgas verlangsamt werden, und dann haben sie sich spiralförmig nach innen bewegt. Die meisten Fachleute meinen, daß ein

Jupiter sich nicht so nahe an einem Stern hätte bilden können. Und warum nicht? Unsere übliche Vorstellung von der Entstehung Jupiters lautet etwa so: In den äußeren Abschnitten der Nebelscheibe, in denen die Temperaturen sehr niedrig waren, haben sich kleine Welten aus Eis und Gestein auskondensiert und so etwas wie Kometen und Eismonde in den äußeren Regionen unseres Sonnensystems gebildet. Diese frostigen kleinen Welten kollidierten bei niedrigen Geschwindigkeiten, klebten zusammen und wurden nach und nach so groß, daß sie durch ihre Schwerkraft die im Nebel vorherrschenden Gase Wasserstoff und Helium anzogen und so von innen nach außen einen Jupiter bildeten. Im Gegensatz dazu geht man davon aus, daß die Nebeltemperaturen näher am Stern zu hoch waren, als daß Eis hätte kondensieren können, und damit kann der ganze Prozeß nicht stattfinden. Aber ich frage mich, ob sich einige Nebelscheiben sogar in ganz großer Nähe zum lokalen Stern unter dem Gefrierpunkt von Wasser befunden haben.

Jedenfalls folgt aus den neuen Erkenntnissen, daß unsere Art von Sonnensystem kaum typisch sein kann, wenn es erdartige Planeten um einen Pulsar und jupiterartige Planeten um einen sonnenähnlichen Stern geben kann. Das ist von ganz entscheidender Bedeutung, wenn wir eine allgemeine Theorie über den Ursprung von Planetensystemen aufzustellen hoffen: Sie muß inzwischen eine Vielfalt von Planetensystemen umfassen. Vor kurzem sind mit Hilfe der sogenannten Astrometrie zwei, möglicherweise drei erdähnliche Planeten um Lalande 21185 entdeckt worden, einem Stern, der unserer

Sonne sehr nahe ist. Hier wird die präzise Bewegung des Sterns über viele Jahre hinweg überwacht, und der Rückstoß, der von ihm möglicherweise umkreisenden Planeten ausgeht, wird sorgfältig registriert. Abweichungen von kreisförmigen oder elliptischen Umlaufbahnen von Lalande 21185 ermöglichten es, die Anwesenheit von Planeten festzustellen. Somit haben wir hier ein vertrautes oder zumindest ein irgendwie verwandtes Planetensystem vor uns. Anscheinend gibt es mindestens zwei oder vielleicht auch mehr Kategorien von Planetensystemen im benachbarten interstellaren Weltraum.

Was die Frage nach Leben auf diesen jupiterähnlichen Welten betrifft, so ist es dort genausowenig wahrscheinlich wie auf unserem Jupiter. Wahrscheinlich aber haben diese anderen Planeten Monde, so wie die 16 Monde, die Jupiter umkreisen. Weil diese Monde sich ebenso wie die gigantischen Welten, die sie umrunden, in der Nähe des lokalen Sterns befinden, könnten ihre Temperaturen, besonders bei 70 Virginis, für ein mögliches Leben geeignet sein. Bei einer Entfernung von 35 bis 40 Lichtjahren sind diese Welten so nahe, daß wir davon träumen können, eines Tages sehr schnelle Raumschiffe zu ihnen zu schicken, und die Daten werden dann von unseren Nachkommen empfangen. Mittlerweile werden eine ganze Reihe anderer Techniken entwickelt. Neben der Ermittlung der Zeit-»glitches« von Pulsaren und den Dopplereffekt-Messungen der Radialgeschwindigkeiten von Sternen sind dies Interferometer auf der Erde oder noch besser im Weltraum, terrestrische Teleskope, die die

Turbulenzen der Erdatmosphäre eliminieren, terrestrische Beobachtungen, die sich des Gravitationslinseneffekts ferner massiver Objekte bedienen, und ganz genaue, im Weltraum vorgenommene Messungen der Helligkeitsschwankungen eines Sterns, wenn einer seiner Planeten vor ihm vorbeizieht. All diese Techniken könnten bereits in den nächsten paar Jahren signifikante Ergebnisse zeitigen. Wir sind inzwischen dabei, Tausende von nahe gelegenen Sternen auf der Suche nach ihren Begleitern zu durchkämmen. Ich halte es für wahrscheinlich, daß wir in den kommenden Jahrzehnten Informationen über Hunderte von anderen Planetensystemen erhalten werden, die nahe bei uns in der riesigen Weite der Milchstraße sind – und vielleicht sogar über ein paar kleine blaue Welten, die sich mit Wasserozeanen, Sauerstoffatmosphären und den beredten Zeichen wundervollen Lebens schmücken.

Zweiter Teil



Was konservieren eigentlich Konservative?

Die Welt, die mit der Post kam

»Die Welt? Mondbeschiedene
Tropfen, abgeschüttelt vom Schnabel des Kranichs.«

Dogen (1200-1253)

»Wake on Impermanence«,
aus Lucien Stryk und Takashi Ikemoto,
Zen Poems of Japan: The Crane's Bill
(New York 1973)

Die Welt kam mit der Post. Sie trug den Aufdruck »Zerbrechlich«. Auf der Verpackung befand sich ein Aufkleber, der ein zerbrochenes Glas darstellte. Sorgfältig öffnete ich das Paket – ich hatte Angst, das Klirren von zerbrochenem Glas zu hören oder einen Haufen Glasscherben vorzufinden. Aber sie war intakt. Mit beiden Händen hob ich sie heraus und hielt sie ins Sonnenlicht. Sie war eine durchsichtige Kugel, etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Unauffällig klebte die Nummer 4210 daran. Welt Nummer 4210 – es mußte also viele solcher Welten geben. Vorsichtig stellte ich sie auf den beiliegenden Ständer aus Acryl und schaute hinein.

Ich konnte da drinnen Leben entdecken – ein Geflecht von Zweigen, die teilweise von grünen Algenfäden überzogen waren, sowie sechs oder acht meist rosafarbene Tierchen, die sich zwischen den Zweigen zu tummeln schienen. Außerdem gab es Hunderte anderer Arten von Lebewesen, die in diesem

Wasser so zahlreich waren wie Fische in den Ozeanen der Erde; aber das waren alles Mikroben, die viel zu klein waren, als daß ich sie mit dem bloßen Auge hätte erkennen können. Die Tierchen waren eindeutig Garnelen, irgendeine unauffällige Art. Sie erregten sofort die Aufmerksamkeit, weil sie so geschäftig waren. Ein paar hatten sich auf Zweigen niedergelassen, krabbelten auf ihren zehn Beinen herum und fuchtelten mit einer Reihe von anderen Anhängseln durch die Gegend. Eins beschäftigte sich hingebungsvoll und mit einer beträchtlichen Zahl von Gliedmaßen damit, einen grünen Faden zu verzehren. Zwischen den Zweigen, die mit Algen etwa so behangen waren wie die Bäume in Georgia und Nordflorida mit Tillandsien, konnte man andere Garnelen hin und her flitzen sehen, als ob sie zu irgendwelchen dringenden Terminen eilten. Zuweilen änderten sie die Farbe, während sie von einem Teil ihrer Kugel in der anderen schwammen – mal waren sie blaß, fast durchsichtig, dann wieder orangefarben oder wie vor Verlegenheit errötet.

In mancherlei Hinsicht unterschieden sie sich natürlich von uns. Sie hatten ihr Skelett außen, konnten Wasser einatmen, und eine Art Anus befand sich beunruhigenderweise neben ihrem Maul. Allerdings achteten sie peinlich auf ihr äußeres Erscheinungsbild und auf Sauberkeit – sie besaßen dafür sogar ein Paar spezialisierter Klauen mit bürstenartigen Borsten. Hin und wieder schrubbte eine sich gründlich ab.

Aber in anderer Hinsicht waren sie genau wie wir, es war kaum zu übersehen. Sie hatten ein Gehirn, ein Herz, Blut und Augen. Das nervöse Gewedel mit den

schwimmenden Anhängseln, die sie durchs Wasser vorantrieben, verriet eine unmißverständliche Zielstrebigkeit. Wenn sie ihr Ziel erreicht hatten, widmeten sie sich den Algenfäden mit der Hingabe und Ausdauer eines Gourmets. Zwei, die waghalsiger als die übrigen waren, durchstreiften den Ozean dieser kleinen Welt, schwammen hoch über den Algen und inspizierten lässig ihre Domäne.

Nach einiger Zeit lernt man einzelne Individuen zu unterscheiden. Eine Garnele häutet sich – sie wirft ihr altes Skelett ab, um Platz für ein neues zu machen. Anschließend kann man das Ding wie ein durchsichtiges Totenhemd von einem Zweig baumeln sehen, während seine frühere Bewohnerin ihren Geschäften in einem schnittigen neuen Rückenpanzer nachgeht. Und da ist eine, der ein Bein fehlt. Hatte es da etwa einen wilden Kampf gegeben, vielleicht um die Zuneigung einer paarungsbereiten Schönheit? Aus bestimmten Blickwinkeln ist die Oberseite des Wassers ein Spiegel, und eine Garnele kann ihr eigenes Spiegelbild sehen. Erkennt sie sich auch selbst? Sie wird wohl eher in dem Spiegelbild einfach eine weitere Garnele erblicken. Bei anderen Blickwinkeln werden sie durch das starke, gewölbte Glas vergrößert, und dann kann ich erkennen, wie sie wirklich aussehen. Beispielsweise bemerke ich, daß sie Barte haben. Zwei rasen zur Wasseroberfläche hoch, aber da sie die Oberflächenspannung nicht zu durchbrechen vermögen, prallen sie ab. Und dann sinken sie aufrecht – ein wenig erschrocken, stelle ich mir vor – sanft zum Boden hinab. Fast hat es den Anschein, als seien ihre Arme lässig verschränkt, so, als wäre das Abenteuer reine Routine, nichts, über das

sich nach Hause zu berichten lohnte. Sie sind cool. Ich schätze, wenn ich eine Garnele deutlich durch das gewölbte Glas sehen kann, dann muß auch sie mich oder zumindest mein Auge erkennen können – so eine große, drohende schwarze Scheibe mit einer braunen und grünen Korona. Und wenn ich eine geschäftig an den Algen herumfummeln sehe, habe ich manchmal wirklich den Eindruck, daß sie erstarrt und meinen Blick erwidert. Wir haben Augenkontakt aufgenommen. Ich möchte bloß wissen, was sie da zu sehen glaubt. Nach ein oder zwei Tagen intensiver Arbeit erwache ich und werfe einen Blick in die Kristallwelt – sie scheinen alle weg zu sein. Ich mache mir Vorwürfe. Eigentlich ist es doch nicht nötig, daß ich sie füttere oder ihnen Vitamine gebe, ihr Wasser wechsele oder sie zum Tierarzt bringe. Ich muß nur dafür sorgen, daß sie nicht zuviel Licht ausgesetzt sind oder sich zu lange im Dunkeln befinden und daß die Wassertemperatur zwischen 5 und 30 Grad beträgt. (Wenn sie höher liegt, schätze ich, ergeben sie eine Krabbensuppe und kein Ökosystem.) Habe ich sie mit meiner Unaufmerksamkeit umgebracht? Aber dann sehe ich, wie eine einen Fühler hinter einem Zweig hervorstreckt, und ich merke, daß sie noch gesund und munter sind. Sie sind zwar nur Garnelen, aber nach einiger Zeit macht man sich doch Sorgen um sie.

Wenn man für so eine kleine Welt wie diese verantwortlich ist und sich bewußt um die Wassertemperatur und Helligkeit kümmert, dann macht man sich schließlich auch Gedanken über die Wesen, die sich in ihr befinden – ganz gleich, was man zunächst vorgehabt hat. Wenn sie krank sind

oder sterben, kann man allerdings nicht viel tun, um sie zu retten. In gewisser Hinsicht ist man viel stärker als sie, aber dafür tun sie Dinge – wie etwa Wasser einatmen –, die man nicht kann. Man hat eben seine Grenzen, schmerzliche Grenzen. Man fragt sich sogar, ob es nicht grausam ist, sie in dieses gläserne Gefängnis zu stecken. Aber dann beruhigt man sich damit, daß sie hier zumindest sicher sind vor Walfischen, Ölteppichen und Cocktailsauce. Die gespenstisch gehäuteten Totenhemden und die selten zu findende Leiche einer verendeten Garnele liegen nicht lange herum. Sie werden gegessen, teils von den anderen Garnelen, teils von unsichtbaren Mikroorganismen, von denen es im Ozean dieser Welt nur so wimmelt. Und damit wird man darauf aufmerksam gemacht, daß diese Lebewesen nicht allein funktionieren. Sie *brauchen* einander. Sie kümmern sich umeinander – auf eine Weise, wie ich es nicht vermag. Die Garnelen entnehmen dem Wasser Sauerstoff und atmen Kohlendioxid aus. Die Algen entnehmen dem Wasser das Kohlendioxid und atmen Sauerstoff aus. Beide atmen jeweils die ausgeschiedenen Gase der anderen ein. Auch ihre festen Abfallstoffe durchlaufen einen Zyklus zwischen Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen. In diesem kleinen Garten Eden herrscht zwischen den Bewohnern eine äußerst intime Beziehung.

Die Existenz der Garnelen ist viel flüchtiger und unsicherer als die der anderen Lebewesen. Die Algen können ohne die Garnelen viel länger leben, als es die Garnelen ohne die Algen könnten. Die Garnelen essen die Algen, aber die Algen »essen« vorwiegend Licht. Schließlich begannen die Garnelen zu sterben, eine

nach der anderen – und bis heute weiß ich nicht, warum. Schließlich war es soweit, daß nur noch eine übrig war und mißmutig – wie mir schien – an einem Algenzweig nagte, bis auch sie starb. Ich merkte ein wenig überrascht, daß ich um sie alle trauerte. Ich nehme an, das lag zum Teil daran, daß ich sie ein bißchen kennengelernt hatte. Aber teilweise, das wußte ich, steckte dahinter auch die Angst vor einer Parallele zwischen ihrer und unserer Welt.

Im Unterschied zu einem Aquarium war diese kleine Welt ein geschlossenes Ökosystem. Licht gelangt hinein, aber nichts anderes – keine Nahrung, kein Wasser, keine Nährstoffe. Alles muß recycelt werden. Wie auf der Erde. In unserer größeren Welt leben auch wir – Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen – voneinander, wir atmen und essen die Abfallstoffe der anderen, hängen voneinander ab. Auch in unserer Welt bezieht das Leben seine Energie aus Licht. Aus Licht von der Sonne, das durch die klare Luft dringt, von Pflanzen geerntet wird und sie mit der nötigen Energie versorgt, damit sie Kohlendioxid und Wasser zu Kohlehydraten und anderen Nährstoffen verbinden, die wiederum die Hauptnahrung der Tiere liefern.

Unsere große Welt ist dieser kleinen sehr ähnlich, und wir sind den Garnelen sehr ähnlich. Aber es gibt doch zumindest einen ganz entscheidenden Unterschied: Anders als die Garnelen sind wir in der Lage, unsere Umwelt zu verändern. Wir können uns selbst antun, was ein unachtsamer Besitzer einer derartigen Glaskugel den Garnelen antun kann. Wenn wir nicht aufpassen, können wir unseren Planeten durch den Treibhauseffekt der Atmosphäre erwärmen oder ihn infolge eines Atomkriegs oder durch das

unkontrollierte Abfackeln eines Ölfelds verdunkeln und abkühlen (eine weitere Möglichkeit wäre, daß wir die Gefahr eines Zusammenstoßes mit einem Asteroiden oder Kometen ignorieren). Mit dem sauren Regen, dem Ozonloch, der Umweltverschmutzung, der Radioaktivität, der Vernichtung der tropischen Regenwälder und einem Dutzend anderer Anschläge auf die Umwelt stoßen und zerren wir unsere kleine Welt in Richtungen, von denen wir kaum etwas wissen. Vielleicht verändert unsere angeblich so fortgeschrittene Zivilisation das empfindliche ökologische Gleichgewicht, das sich im Laufe der über vier Milliarden Jahre des Lebens auf der Erde so umständlich entwickelt hat. Schalentiere wie Garnelen sind viel älter als Menschen, Primaten oder andere Säugetiere. Algen gibt es schon seit drei Milliarden Jahren – sie entstanden, lange bevor es Tiere gab, fast am Ursprung des Lebens auf der Erde. Seit sehr langer Zeit wirken sie zusammen: Pflanzen, Tiere, Mikroben. Das Arrangement der Organismen in meiner Glaskugel ist uralt, unendlich viel älter als jede kulturelle Einrichtung, die wir kennen. Die Neigung zur Zusammenarbeit hat sich im Evolutionsprozeß auf schmerzvolle Weise herauskristallisiert. Jene Organismen, die nicht kooperierten, mußten sterben. Die Kooperation ist in den Genen der Überlebenden kodiert. Es ist ihre Natur zu kooperieren. Sie ist ein Schlüssel zu ihrem Überleben.

Aber wir Menschen sind Neulinge und erst vor ein paar Millionen Jahren entstanden. Unsere gegenwärtige technische Zivilisation ist bloß ein paar Jahrhunderte alt. Uns fehlt es weitgehend an aktueller Erfahrung in einer freiwilligen Kooperation zwischen

den Arten (oder auch nur innerhalb unserer Art). Wir engagieren uns sehr für Kurzfristiges und denken kaum über Langfristiges nach. Es gibt keine Garantie, daß wir weise genug sein werden, unser weltweites geschlossenes Ökosystem zu verstehen oder unser Verhalten diesem Verständnis anzupassen. Unser Planet ist unteilbar. In Nordamerika atmen wir Sauerstoff, der im brasilianischen Regenwald erzeugt wird. Saurer Regen aus umweltschädlichen Industrieanlagen im Mittleren Westen Amerikas zerstört die Wälder Kanadas. Radioaktivität aus einem Kernkraftwerk in der Ukraine beeinträchtigte nach einem Unfall Wirtschaft und Kultur von Lappland. Das Verbrennen von Kohle in China erwärmt Argentinien. Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) aus einer Klimaanlage in Neufundland tragen dazu bei, daß Hautkrebs in Neuseeland vermehrt auftritt. Krankheiten breiten sich rasant bis in die hintersten Winkel des Planeten aus, und ihre Ausrottung erfordert weltweit koordinierte medizinische Anstrengungen. Und ein Atomkrieg oder ein Zusammenstoß mit einem Asteroiden gefährdet natürlich unser aller Existenz. Ob es uns paßt oder nicht – wir Menschen sind mit unseren Artgenossen ebenso verknüpft wie mit den anderen Pflanzen und Tieren auf der ganzen Welt. Unser aller Leben ist total vernetzt. Wenn wir schon nicht instinktiv wissen, wie wir aus unserer technologisierten Welt ein sicheres und ausgewogenes Ökosystem machen sollen, müssen wir das eben auf andere Weise herausfinden. Wir brauchen mehr wissenschaftliche Forschung und mehr Zurückhaltung bei der technischen Entwicklung. Wahrscheinlich ist es zuviel zu hoffen, daß ein großer

Ökosystembewahrer im Himmel von oben eingreift und unseren Mißbrauch der Umwelt wieder zurechtrückt. Das ist unsere Sache. Doch es sollte nicht unmöglich sein. Vögel – deren Intelligenz wir gern herabsetzen -wissen, daß sie ihr Nest nicht beschmutzen dürfen. Garnelen mit winzigen Gehirnen wissen es. Algen wissen es. Einzellige Mikroorganismen wissen es. Es wird Zeit, daß auch wir es wissen.

Die Umwelt – wo bleibt die Vernunft?

»Die neue Welt kann sich’rer sein, wenn sie erfährt,
welch üble Krankheiten die alte Welt gebärt.«

John Donne,
An Anatomie of the World – The First Anniversary
(1611)

Zu einem bestimmten Zeitpunkt der Dämmerung sehen die Kondensstreifen von Flugzeugen rosa aus. Und wenn der Himmel heiter ist, dann wirkt der Kontrast zum umgebenden Blau unerwartet schön. Die Sonne ist bereits untergegangen, und am Horizont verrät ein rosenfarbenes Schimmern, wo sie sich verbirgt. Aber die Düsenflugzeuge sind so hoch oben, daß sie noch immer die Sonne sehen können – ganz rot, kurz vor dem Untergehen. Das aus ihren Triebwerken ausgestoßene Wasser kondensiert sofort. Bei den eisigen Temperaturen in großer Höhe zieht jede Maschine eine kleine, linienförmige Wolke hinter sich her, die von den roten Strahlen der untergehenden Sonne beleuchtet wird.

Manchmal gibt es mehrere Kondensstreifen aus verschiedenen Flugzeugen gleichzeitig, und wenn sie sich überschneiden, entsteht eine Art Himmelschrift. Wenn es dort oben windig ist, breiten sich die Kondensstreifen rasch seitlich aus, und statt einer eleganten Linie am Himmel bildet sich ein langes, unregelmäßiges, diffuses und vage lineares

Filigranmuster, das sich noch beim Zusehen auflöst. Wenn man den Streifen im Augenblick des Entstehens erhascht, erkennt man oft das winzige Objekt, von dem er ausgeht. Viele Menschen sehen weder Tragflächen noch Triebwerke – für sie ist da nichts weiter als ein sich bewegender Punkt, der ein wenig vom Kondensstreifen getrennt und irgendwie seine Quelle ist.

Wenn es dunkler wird, sehe ich oft, daß der Punkt leuchtet. Ein helles weißes Licht geht von ihm aus. Manchmal ist auch ein blitzendes rotes oder grünes Licht oder beides zu sehen. Gelegentlich stelle ich mir vor, wie die Jäger und Sammler – oder auch nur meine Großeltern, als sie Kinder waren – zum Himmel hochschauen und diese beunruhigenden und furchteinflößenden Wunder aus der Zukunft erblicken. Denn solange es uns Menschen auf der Erde gab, war uns der Himmel verwehrt. Wir sind erst im 20. Jahrhundert auch dort präsent geworden. Obgleich der Luftverkehr im Norden des Staates New York, wo ich wohne, zweifellos dichter ist als an vielen anderen Orten der Erde, gibt es kaum eine Stelle auf dem Planeten, an der man nicht zumindest hin und wieder sehen kann, wie unsere Maschinen ihre geheimnisvollen Botschaften in ebendiesen Himmel schreiben, den wir so lange für den exklusiven Site der Götter gehalten haben. Unsere Technik hat erstaunliche Ausmaße angenommen, auf die wir im Innersten mental und emotional nur unzureichend vorbereitet sind. Noch ein bißchen später, wenn die Sterne sichtbar werden, erkenne ich hin und wieder zwischen ihnen ein sich bewegendes, zuweilen ziemlich helles Licht. Es mag gleichmäßig

erstrahlen oder mich anblinken, und oft sind es zwei Lichter hintereinander. Nun zieht es keine kometenartigen Streifen mehr hinter sich her. In manchen Augenblicken sind 10 oder 20 Prozent der »Sterne«, die ich sehe, nahe Artefakte der Menschheit, die man einen Moment lang mit ungeheuer fernen, glühenden Sonnen verwechseln kann. Seltener und lange nach Sonnenuntergang kann ich bisweilen einen Lichtpunkt erspähen, der gewöhnlich ziemlich schwach ist und sich ganz langsam und behutsam bewegt. Ich muß mich erst vergewissern, daß er zunächst diesen und dann jenen Stern passiert – weil das Auge dazu neigt anzunehmen, daß jeder isolierte, nur von Schwärze umgebene Lichtpunkt sich bewegt. Diese Lichtpunkte sind keine Flugzeuge. Es sind Satelliten und Raumschiffe. Wir haben Maschinen hergestellt, die die Erde alle eineinhalb Stunden umrunden. Wenn sie sehr groß sind oder eine reflektierende Oberfläche haben, können wir sie mit bloßem Auge sehen. Sie befinden sich weit über der Atmosphäre, in der Schwärze des nahen Weltalls. Sie sind so hoch oben, daß sie die Sonne sogar dann sehen können, wenn es hier unten fast stockfinster ist. Anders als die Flugzeuge haben sie kein eigenes Licht. Wie der Mond und die Planeten leuchten sie nur, weil sie das Sonnenlicht reflektieren.

Der Himmel fängt nicht sehr weit über unseren Köpfen an. Er umfaßt die dünne Atmosphäre und die ganze Weite des Kosmos jenseits von ihr. Wir haben Maschinen gebaut, die in diese Bereiche fliegen. Wir haben uns so sehr daran gewöhnt, daß wir uns oft nicht mehr im klaren darüber sind, was für eine

mythische Leistung dies ist. Mehr als jedes andere Phänomen unserer technischen Zivilisation sind diese inzwischen schon prosaisch anmutenden Flügel ein Sinnbild der Kräfte, die uns heute zu Gebote stehen.

Aber mit großen Kräften ist auch eine große Verantwortung verbunden.

Unsere Technik ist so stark geworden, daß wir eine Gefahr für uns selbst werden – und zwar nicht nur bewußt, sondern auch unfreiwillig. Wissenschaft und Technik haben Milliarden Menschenleben gerettet, das Wohlbefinden von noch viel mehr Menschen verbessert, den Planeten in einer komplexen Einheit vieler untereinander verwobener Stränge zusammengebunden – und gleichzeitig die Welt so sehr verändert, daß viele Menschen sich darin nicht mehr zu Hause fühlen. Wir haben eine Reihe neuer Übel erschaffen: schwer zu erkennende und schwer zu verstehende Probleme, die sich nicht ohne weiteres beheben lassen und die ganz gewiß jene übertreffen, die bereits existieren.

Gerade in dieser Situation ist es wichtig, daß die Öffentlichkeit der Wissenschaft zu folgen vermag. Viele Wissenschaftler behaupten, daß wir uns wirklich in Gefahr begeben, wenn wir uns weiterhin so verhalten wie bisher, und daß unsere industrielle Zivilisation eine tödliche Falle darstelle. Aber wenn wir solche eindringlichen Warnungen ernst nehmen würden, käme uns das teuer zu stehen. Die betroffenen Industrien würden ihre Profite einbüßen. Unsere Angst würde größer werden. Es gibt nur zu natürliche Gründe, diese Warnungen in den Wind zu schlagen. Vielleicht sind ja die zahlreichen

Wissenschaftler, die vor drohenden Katastrophen warnen, nichts als Schwarzmalen. Vielleicht bereitet es ihnen ja ein perverses Vergnügen, uns anderen Angst zu machen. Vielleicht ist das bloß ein Versuch, dem Staat Forschungsgelder zu entlocken. Schließlich erklären ja andere Wissenschaftler, wir müßten uns gar keine Sorgen machen, alle Katastrophenszenarien seien unbewiesen, und die Umwelt werde sich schon selbst heilen. Natürlich glauben wir ihnen nur zu gern. Wenn sie recht hätten, würde uns ein gewaltiger Stein vom Herzen fallen. Laßt uns also nichts überstürzen. Gehen wir das Ganze langsam und vorsichtig an, denn wir wollen wirklich sicher sein.

Andererseits sind vielleicht die, die uns im Hinblick auf die Umwelt beruhigen wollen, nur unverbesserliche Optimisten, oder sie haben Angst davor, sich mit den Mächtigen anzulegen, oder sie werden von denen unterstützt, die von der Ausbeutung der Umwelt profitieren. Also laßt uns das Ganze so schnell wie möglich angehen. Laßt uns die Dinge reparieren, bevor sie irreparabel werden.

Wie sollen wir uns entscheiden?

Da gibt es Argumente und Gegenargumente, die sich mit Abstraktionen, unsichtbaren Dingen, unbekannten Vorstellungen und Begriffen befassen. Manchmal fallen im Hinblick auf diese furchtbaren Szenarien Worte wie »Betrug« oder »blinder Alarm«. Wie gut sind die Wissenschaften in dieser Hinsicht? Wie kann der Durchschnittsmensch über diese Themen informiert werden? Können wir nicht eine objektive, aber offene, neutrale Haltung einnehmen und die gegnerischen Parteien es ausdiskutieren lassen oder warten, bis die Beweise absolut unzweideutig sind?

Schließlich erfordern ja außergewöhnliche Behauptungen auch außergewöhnliche Beweise. Kurz, warum sollten Menschen, die wie ich Skepsis und Vorsicht hinsichtlich einiger außergewöhnlicher Behauptungen lehren, den Standpunkt vertreten, daß andere außergewöhnliche Behauptungen ernst genommen werden und für dringlich gehalten werden müßten? Jede Generation glaubt, daß ihre Probleme einzigartig und potentiell fatal wären. Und doch hat jede Generation bis zur nächsten überlebt. Das kleine Huhn, heißt es, ist gesund und munter. Welchen Wert dieses Argument einstmals auch immer gehabt haben mochte – und gewiß stellt es ein sinnvolles Gegengewicht zur Hysterie dar –, so ist es doch heute kaum noch stichhaltig. Manchmal hören wir, daß ein »Ozean« aus Luft die Erde umgebe. Aber die Stärke der Atmosphäre – einschließlich aller vom Treibhauseffekt betroffenen Teile – macht im Schnitt nur 0,1 Prozent des Durchmessers der Erde aus. Selbst wenn wir die obere Stratosphäre noch dazunehmen, kommen wir nicht einmal auf ein Prozent des Erddurchmessers. »Ozean« klingt so massiv, so unerschütterlich. Doch im Verhältnis zur Größe der Erde ist die Lufthülle etwa so dick wie der Klarlacküberzug auf einem großen Schulglobus im Verhältnis zum Globus selbst. Würde man die schützende Ozonschicht aus der Stratosphäre zur Erdoberfläche herabholen, dann würde ihre Stärke im Vergleich zum Erddurchmesser nur ein Viermilliardstel betragen. Sie wäre praktisch unsichtbar. Viele Astronauten haben berichtet, sie hätten jene zarte, dünne blaue Aura am Horizont der im Tageslicht liegenden Halbkugel erblickt – jene Aura, die die Stärke der gesamten

Atmosphäre darstellt – und augenblicklich und unaufgefordert an ihre Anfälligkeit und Verletzlichkeit denken müssen. Sie machen sich ihretwegen Sorgen. Sie haben allen Grund dazu.

Heute haben wir es mit einer absolut neuen Lage zu tun, einer Lage, wie es sie in der ganzen Menschheitsgeschichte noch nie gegeben hat. Als unsere Entwicklung vor Hunderttausenden von Jahren mit einer durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von etwa 0,01 oder weniger Menschen pro Quadratkilometer begann, waren die Höchstleistungen unserer damaligen Technik Faustkeile und das Feuer – wir waren außerstande, die globale Umwelt entscheidend zu verändern. Diese Idee wäre uns auch nie gekommen. Wir waren viel zu wenige, und wir waren viel zu schwach. Aber als im Laufe der Zeit unsere Technik besser wurde, nahm die Zahl der Menschen exponentiell zu, und inzwischen haben wir eine durchschnittliche Bevölkerungsdichte von etwa zehn Menschen pro Quadratkilometer, wobei sich die Anzahl der Bewohner in den Großstädten konzentriert, und wir verfügen über ein furchterweckendes Arsenal an Technik – deren Kräfte wir nur unzulänglich verstehen und beherrschen. Weil unser Leben von winzigen Mengen einiger Gase wie etwa dem Ozon abhängt, kann auch eine größere Umweltstörung von der Industrie herbeigeführt werden – sogar im globalen Maßstab. Die Hemmungen vor der unverantwortlichen Anwendung der Technik sind klein und weltweit fast immer kurzfristigen nationalen oder unternehmerischen Interessen untergeordnet. Heute sind wir in der Lage, absichtlich oder unbeabsichtigt, die globale Umwelt

zu verändern. Wie weit wir schon begonnen haben, die verschiedenen prophezeiten Katastrophen herbeizuführen, ist noch immer ein Thema der akademischen Debatte. Aber daß wir dazu in der Lage sind, steht inzwischen außer Frage. Vielleicht sind die Errungenschaften der Wissenschaft einfach zu mächtig, zu gefährlich für uns. Vielleicht sind wir nicht erwachsen genug, um sie zu handhaben. Wäre es denn klug, eine Handfeuerwaffe einem Säugling zu schenken? Wie steht's mit einem Kleinkind, einem präpubertären Kind, einem Teenager? Vielleicht sollte im zivilen Leben wirklich niemand automatische Waffen bekommen, wie manche Menschen meinen, weil wir alle schon hin und wieder ebenso blinde wie kindische Ausbrüche von Leidenschaft erlebt haben. Wie oft hat es nicht schon den Anschein gehabt, daß es zu einer Tragödie gar nicht erst gekommen wäre, wenn nur die Waffe nicht vorhanden gewesen wäre. Natürlich geben die Menschen Gründe an, warum sie Handfeuerwaffen haben müssen, und es mag ja auch Umstände geben, unter denen diese Gründe einleuchten. Das gleiche gilt für die gefährlichen Hervorbringungen der Wissenschaft. Aber es kommt noch eine weitere Komplikation hinzu: Stellen Sie sich vor, es dauerte Jahrzehnte, bevor das Opfer oder der Angreifer merkt, daß jemand getroffen worden ist, wenn der Abzug einer Handfeuerwaffe betätigt wird. Unter diesen Umständen wäre es sogar noch schwieriger zu begreifen, wie gefährlich es ist, Waffen zur Hand zu haben. Der Vergleich hinkt zwar ein wenig, aber in gewisser Weise kann er auch auf die globalen Folgen der modernen Industrietechnik für die Umwelt angewendet werden. Mir scheint, wir

haben allen Grund, uns neue Institutionen und neue Denkweisen auszudenken, sie zu prüfen und gegebenenfalls zu vertreten. Ja, die Höflichkeit ist eine Tugend und kann einen Gegner ansprechen, der sonst taub für die leidenschaftlichsten, klügsten Ansinnen ist. Ja, es ist absurd zu versuchen, jeden zu einer neuen Denkweise zu bekehren. Ja, wir könnten uns irren, und unser Gegner könnte recht haben. (Das soll vorkommen.) Ja, es geschieht selten, daß ein Diskussionsteilnehmer einen anderen überzeugt. (Thomas Jefferson hat sogar gesagt, er habe das nie erlebt, aber das erscheint mir denn doch zu hart. In der Wissenschaft passiert es immer wieder.) Aber all das sind keine angemessenen Gründe, eine öffentliche Debatte zu scheuen.

Durch Fortschritte in der Medizin, durch Entwicklung neuer Arzneimittel, produktivere Landwirtschaft, Empfängnisverhütung, neue Errungenschaften im Verkehr und in der Nachrichtentechnik, verheerende neue Kriegswaffen, ungewollte Nebenwirkungen der Industrie und durch ein beunruhigendes Infragestellen langgehegter Wertvorstellungen haben Wissenschaft und Technik unser Leben dramatisch verändert. Viele von uns halten mit diesem Wandel nur mühsam Schritt und verstehen nur langsam die Tragweite der neuen Entwicklungen. Es liegt in der Art des Menschen, daß junge Menschen Veränderungen viel rascher begreifen als die älteren – nicht nur bei der Bedienung von Computern und beim Programmieren von Videorekordern, sondern auch hinsichtlich der Anpassung an neue Anschauungen über unsere Welt und uns selbst. Das gegenwärtige Tempo der Verän-

derung ist viel schneller als ein Menschenleben, ja, es ist so schnell, daß es die Generationen spaltet. Der mittlere Teil dieses Buches handelt darum davon, wie die – im Guten wie im Schlechten – von Wissenschaft und Technik herbeigeführten einschneidenden Umweltveränderungen zu verstehen sind und wie wir uns ihnen anpassen könnten.

Ich werde mich auf die Ausdünnung der Ozonschicht und auf die globale Erwärmung konzentrieren – sie sind repräsentativ für die Probleme, vor denen wir stehen. Aber es gibt noch viele andere besorgniserregende Umweltfolgen der Technik und des menschlichen Expansionsdrangs. Allen voran haben wir da die große Zahl von seltenen oder gefährdeten Arten, mit deren Hilfe wir dringend benötigte Medikamente gegen Krebs, Herzinfarkt und andere tödliche Krankheiten herstellen und die deshalb vom Aussterben bedroht sind. Ferner sind saurer Regen, atomare, biologische und chemische Waffen sowie toxische Chemikalien (und radioaktive Gifte) zu nennen, wobei letztere oft in den Vierteln der Ärmsten und Ohnmächtigsten untergebracht sind. Eine unerwartete neue Entdeckung, über die andere Wissenschaftler diskutieren, ist ein in jüngster Zeit zu beobachtender, steiler Rückgang der Spermienzahl in Amerika, Westeuropa und anderswo – möglicherweise aufgrund von Chemikalien und Kunststoffen, die die weiblichen Sexualhormone imitieren. Manche Forscher behaupten, der Rückgang sei so gravierend, daß Männer im Westen um die Mitte des 21. Jahrhunderts steril werden könnten, wenn dieser Trend anhalte.

Die Erde ist eine Anomalie. Im gesamten

Sonnensystem ist sie, soweit wir wissen, der einzige bewohnte Planet. Wir Menschen sind nur eine von Millionen Arten, die in einer von Leben wimmelnden, überströmenden Welt leben. Und doch existieren die meisten Arten, die es bisher gegeben hat, nicht mehr. Nach einer Blütezeit von 180 Millionen Jahren wurden die Dinosaurier ausgelöscht. Und zwar alle. Keine Spezies hat eine Garantie für ihren Aufenthalt auf diesem Planeten. Und wir sind erst seit etwa einer Million Jahren hier, wir, die erste Spezies, die sich Mittel zu ihrer Selbstvernichtung ausdenkt. Wir sind so rar und kostbar, weil wir am Leben sind, weil wir denken können, so gut wir es vermögen. Wir genießen das Privileg, unsere Zukunft zu beeinflussen und vielleicht zu steuern. Ich glaube, wir sind verpflichtet, für das Leben auf der Erde zu kämpfen – nicht nur für uns selbst, sondern auch für all jene Menschen und für alle anderen Wesen, die vor uns da waren und denen wir verbunden sind, und für all die, die nach uns kommen werden, wenn wir weise genug sind. Nichts ist so vordringlich wie der Schutz der Zukunft unserer Spezies. Fast all unsere Probleme sind von Menschen geschaffen und lassen sich von Menschen lösen. Kein Gesellschaftsvertrag, kein politisches System, keine wirtschaftliche Hypothese, kein religiöses Dogma ist wichtiger.

Jeder von uns empfindet zumindest im Hinterkopf alle möglichen Ängste. Sie verschwinden fast nie ganz. Die meisten betreffen natürlich unser Alltagsleben. Dieses dumpfe Gewirr von wispernden Mahnungen, zuckenden Erinnerungen an vergangene Fauxpas und mentalen Tests von möglichen Reaktionen auf unmittelbar bevorstehende Probleme

besitzt einen eindeutigen Wert für unser Überleben. Zu viele von uns haben einfach Angst, daß unsere Kinder nicht genügend zu essen bekommen. Die Angst ist einer dieser evolutionären Kompromisse: optimal, damit es eine nächste Generation geben wird, aber schmerzlich für diese Generation. Wenn man es schafft, besteht der Trick darin, sich die richtigen Ängste rauszupicken. Es gibt einen Geisteszustand, den wir uns zu eigen machen sollten, und der liegt irgendwo zwischen fröhlicher Tölpelei und nervöser Schwarzmalerei. Abgesehen von Chiliasten der verschiedensten Sekten und der Regenbogenpresse, sind die Wissenschaftler die einzige Gruppe von Menschen, die sich anscheinend routinemäßig Gedanken um neue Behauptungen von Desastern machen. Dabei geht es um Katastrophen, die in der gesamten geschriebenen Geschichte unserer Spezies noch nie dagewesen waren. Sie lernen zu verstehen, wie die Welt ist, und sie haben den Eindruck, daß es auch ganz anders kommen könnte. Hier ein bißchen drücken, da ein wenig ziehen, und schon könnten große Veränderungen erfolgen. Weil wir Menschen im allgemeinen an unsere Lebensumstände gut angepaßt sind – und das reicht vom globalen bis zum politischen Klima –, ist jede Veränderung eher beunruhigend, schmerzlich und kostspielig. Daher neigen wir natürlicherweise dazu, von den Wissenschaftlern zu verlangen, sie sollten sich erst mal gut überlegen, was sie uns sagen, bevor wir weglaufen und uns vor einer eingebildeten Gefahr schützen. Einige der angeblichen Gefahren sind anscheinend so schwerwiegend, daß uns unversehens der Gedanke kommt, es wäre vielleicht doch vernünf-

tig, eine mögliche schwere Gefahr ernst zu nehmen, auch wenn nur eine geringe Chance besteht, daß sie eintritt. Auf ähnliche Weise funktionieren die Ängste des Alltagslebens. Wir schließen Versicherungsverträge ab und warnen die Kinder davor, mit Fremden zu reden. Trotz aller Ängste übersehen wir manchmal die wahren Gefahren: »Alles, worüber ich mir Sorgen gemacht habe, ist nie passiert. Alle schlimmen Dinge sind aus heiterem Himmel geschehen«, hat ein Bekannter einmal meiner Frau Annie und mir erklärt.

Je schlimmer die Katastrophe ist, desto schwerer ist es, unser Gleichgewicht zu bewahren. Wir möchten sie am liebsten ignorieren oder geben alles dafür, sie zu umgehen. Es ist schon schwierig, nüchtern über unsere Lage nachzudenken und die damit verbundene Angst einen Augenblick beiseite zu schieben. Zuviel scheint auf dem Spiel zu stehen. Auf den folgenden Seiten versuche ich, einige der gegenwärtigen Handlungen unserer Spezies darzustellen, die mir beunruhigend vorkommen – nämlich die Art und Weise, wie wir uns um unseren Planeten kümmern und wie wir unsere Politik gestalten. Ich werde mich bemühen, beide Seiten zu Wort kommen zu lassen, aber ich gebe offen zu, daß ich einen bestimmten Standpunkt vertrete, der sich aus meiner Einschätzung der Beweise ableitet. Wo Menschen Probleme bereiten, können Menschen auch Lösungen liefern, und ich versuche aufzuzeigen, wie einige unserer Probleme gelöst werden könnten. Vielleicht sind Sie der Meinung, andere Probleme sollten eine höhere Priorität genießen, oder es gebe andere Lösungen. Aber ich hoffe doch, daß die Lektüre dieses Buchteils

Sie dazu anregt, ein wenig mehr über die Zukunft nachzudenken. Ich möchte unsere Ängste zwar nicht unnötig vergrößern – denn fast alle von uns haben schon genügend Ängste –, doch es gibt einige Fragen, über die, wie mir scheint, nicht genügend Menschen gründlich nachdenken. Diese Art des Nachdenkens über die künftigen Folgen gegenwärtiger Handlungen hat eine stolze Tradition bei uns Primaten und ist eines der Geheimnisse der noch immer im großen und ganzen sehr erfolgreichen Geschichte der Menschen auf der Erde.

Krösus und Cassandra

»Es erfordert Mut, sich zu fürchten.«

Montaigne, *Essays*, III, 6 (1588)

Apollon, ein Olympier, war der Gott der Sonne. Er war auch für andere Dinge zuständig, etwa für die Prophetie. Das war sogar eine seiner Spezialitäten. Nun konnten die olympischen Götter zwar alle ein wenig in die Zukunft schauen, aber Apollon war der einzige, mit dessen Wesen Weissagungen für die Menschen verbunden waren. Er verfügte über Orakel, und das berühmteste befand sich in Delphi, wo er die Priesterin weihte. Sie wurde Pythia genannt, nach dem Python, der eine ihrer Inkarnationen war. Könige und Aristokraten – und gelegentlich auch das gewöhnliche Volk – kamen nach Delphi und begehrten zu wissen, was die Zukunft bereithalte.

Zu diesen Bittstellern gehörte auch Krösus (*Kroisos*), der König von Lydien. (Lydien befand sich in Kleinasien, der heutigen Türkei.) König Krösus ist uns in der noch immer geläufigen Floskel »reich wie Krösus« gegenwärtig. Vielleicht ist er deshalb ein Synonym für immensen Reichtum geworden, weil unter seiner Herrschaft die Münzen erfunden wurden – geprägt von Krösus im 6. Jahrhundert v. Chr. Tongeld war eine viel frühere Erfindung der Sumerer. Krösus' Ehrgeiz ging weit über die Grenzen seines kleinen Königreichs hinaus. Und daher kam ihm in

den Sinn, so Herodot in seinen *Historien*, es wäre doch eine gute Idee, Persien, die damalige Supermacht im westlichen Asien, zu erobern und zu unterwerfen. Aber König Kyros hatte Perser und Meder vereint und ein mächtiges persisches Reich geschaffen. Und so war es nur natürlich, daß Krösus ein bißchen Bammel hatte. Um also herauszufinden, ob eine derartige Invasion klug sei, ließ er das Orakel von Delphi durch Gesandte konsultieren. Man kann sich gut vorstellen, was für opulente Gaben sie darbrachten – die zufällig ein Jahrhundert später, zur Zeit Herodots, noch in Delphi zur Schau gestellt wurden. Die Frage, die die Gesandten im Namen des Königs stellten, lautete: »Was wird geschehen, wenn Krösus Krieg gegen Persien führt?« Ohne zu zögern, erwiderte die Pythia: »Er wird ein großes Reich zerstören.«

»Die Götter sind mit uns«, dachte Krösus – oder so ähnlich. »Es wird Zeit, daß wir in Persien einfallen!«

Er leckte sich die Lippen, zählte seine Satrapen und sammelte seine Söldnerheere. Krösus marschierte in Persien ein – und wurde demütigend geschlagen. Die lydische Streitmacht wurde nicht nur vernichtet, sondern er selbst wurde für den Rest seines Lebens ein jämmerlicher Funktionär am persischen Hof, der den oft gleichgültigen Beamten kleine Ratschläge erteilte – ein abhängiger Exkönig. Es war etwa so, als würde Kaiser Hirohito seine letzten Tage als Berater am Beltway in Washington, D. C. verbringen.

Nun, er durfte sich über die Ungerechtigkeit seines Schicksals wirklich aufregen. Schließlich hatte er sich doch an die Spielregeln gehalten. Er hatte die Pythia um Rat gebeten, er hatte ordentlich dafür bezahlt, und

sie hatte ihn hereingelegt. Also schickte er einen weiteren Gesandten zum Orakel (diesmal mit viel bescheideneren Gaben, die seiner Lage angemessen waren) und ließ ihn fragen: »Wie konntest du mir das antun?« Dies ist die Antwort, wie Herodot sie in seinen *Historien* überliefert hat:

»Den Orakelspruch aber, den er erhalten, tadelt Kroisos mit Unrecht; denn Apollon Loxias hat gesagt, wenn Kroisos gegen die Perser zöge, würde er ein großes Reich zerstören. Wollte Kroisos gut beraten sein, so mußte er schicken und anfragen, ob der Gott sein oder des Kyros Reich meine. Er verstand aber den Orakelspruch nicht, fragte nicht weiter und hat sich also selbst die Schuld zuzuschreiben.«

Wenn das delphische Orakel nur eine zwielichtige Masche gewesen wäre, um leichtgläubige Monarchen zu schröpfen, dann hätte es natürlich Ausreden gebraucht, um die unvermeidlichen Fehler zu kaschieren. Verhüllte Zweideutigkeiten gehörten schließlich zu seinem Repertoire. Aber das war es nicht. Und so ist die Lehre der Pythia auch für uns von Belang: Wir müssen bei Orakeln intelligente Fragen stellen und gegebenenfalls nachfragen – auch wenn uns diese Orakel genau das zu sagen scheinen, was wir hören möchten. Die Weichensteller der Politik dürfen nicht blindlings akzeptieren – sie müssen verstehen. Und sie dürfen dem Verständnis nicht mit ihren eigenen Ambitionen im Weg stehen. Prophezeiungen müssen mit aller Vorsicht in Politik umgesetzt werden.

Dies läßt sich voll und ganz auf die modernen Orakel übertragen, die Wissenschaftler, Universitäten und Expertenkommissionen, die von der Industrie finanzierten Institute und die Beratungsgremien der Regierungen. Die Weichensteller der modernen Politik wenden sich, zuweilen widerstrebend, an dieses Orakel, und sie bekommen eine Antwort. Heutzutage sondern die Orakel ihre Prophezeiungen oft sogar ungefragt ab. Ihre Aussagen sind gewöhnlich viel detaillierter als die Fragen – da ist etwa von Methylbromid die Rede oder vom zirkumpolaren Wirbel, von Hydrochlorfluorkohlenstoffen oder vom westantarktischen Inlandeis. Schätzungen werden zuweilen als numerische Wahrscheinlichkeiten formuliert. Anscheinend ist es fast unmöglich, daß der ehrliche Politiker ein schlichtes Ja oder Nein bekommt. Die Weichensteller der Politik müssen entscheiden, wie sie darauf reagieren sollen. Zunächst einmal müssen sie das Orakel verstehen. Und aufgrund der Beschaffenheit der modernen Orakel und ihrer Prophezeiungen müssen sie mehr als je zuvor die Wissenschaft und die Technik verstehen. (Törichterweise hat der republikanische US-Kongreß sein Office of Technology Assessment abgeschafft. Und unter den Mitgliedern des Kongresses befinden sich fast keine Wissenschaftler. Das gleiche gilt weitgehend auch für andere Länder.)

Aber es gibt noch eine weitere Geschichte über Apollon und die Orakel, die zumindest genauso berühmt und die auch für uns von Bedeutung ist. Das ist die Geschichte von Cassandra, der Prinzessin von Troja. Sie beginnt, kurz bevor die Griechen aus

Mykene den Trojanischen Krieg anzettelten. Sie war die klügste und schönste Tochter von König Priamos. Apollon, der ständig Jagd auf attraktive Menschen machte (wie praktisch alle griechischen Götter und Göttinnen), verliebte sich in sie. Merkwürdigerweise widerstand sie seinen Avancen – was in der griechischen Mythologie fast nie geschieht. Also versuchte er sie zu bestechen. Aber was konnte er ihr geben? Sie war ja bereits eine Prinzessin. Sie war reich und schön. Sie war glücklich. Doch Apollon hatte noch andere Dinge in petto. Er versprach ihr die Gabe der Prophetie. Das Angebot war unwiderstehlich. Sie nahm es an. Quid pro quo. Und Apollon tat, was Götter eben so tun, um aus bloßen Sterblichen Seher, Orakel und Propheten zu machen. Aber dann hielt Cassandra skandalöserweise nicht Wort. Sie verweigerte sich den Annäherungsversuchen eines Gottes. Apollon war erzürnt. Aber er konnte die Gabe der Prophetie nicht rückgängig machen, denn schließlich war er ein Gott. (Man kann Göttern ja alles mögliche nachsagen, aber sie halten ihre Versprechen.) Statt dessen verurteilte er sie einfallsreich zu einem grausamen Schicksal – niemand sollte ihren Prophezeiungen Glauben schenken. (Was ich hier nacherzähle, stammt größtenteils aus dem Drama *Agamemnon* von Aischylos.) Cassandra prophezeite ihrem Volk den Untergang von Troja. Niemanden interessierte es. Sie sagte den Tod des griechischen Heerführers Agamemnon voraus. Niemanden interessierte es. Sie sah sogar ihren eigenen frühen Tod voraus, und noch immer interessierte das niemanden. Sie wollten es einfach nicht hören. Sie machten sich über sie lustig.

Sie – Griechen wie Trojaner – nannten sie »die Frau mit den vielen Kümernissen«. Heute würden sie sie vielleicht als »düstere Untergangsprophetin« abtun.

Es gibt eine schöne Szene, als sie nicht versteht, warum diese Prophezeiungen bevorstehender Katastrophen – die zum Teil verhindert werden könnten, wenn man ihr nur glaubte – ignoriert werden. Sie sagt zu den Griechen: »Was ich geweissagt, mißverstehst du es so ganz?... Und doch versteh' ich eure Griechensprache wohl.« Aber ihre Aussprache des Griechischen war nicht das Problem. Die Antwort lautete (ich paraphasiere hier): »Schau, es ist so. Selbst das delphische Orakel macht zuweilen Fehler. Manchmal sind seine Prophezeiungen zweideutig. Wir können da nicht sicher sein. Und wenn wir schon nicht beim delphischen Orakel sicher sein können, dann erst recht nicht bei dir.« Eine überzeugendere Antwort konnte sie eigentlich nicht bekommen.

Bei den Trojanern passierte ihr das gleiche: »Ich habe meinen Landsleuten all ihr Unglück prophezeit«, sagt sie. Aber sie ignorierten ihre Vorhersagen und wurden vernichtet. Und bald wurde auch sie selbst umgebracht.

Der Widerstand gegenüber furchtbaren Prophezeiungen, wie ihn Cassandra erlebte, läßt sich auch heute feststellen. Wenn wir mit einer unheilverkündenden Vorhersage konfrontiert werden, bei der mächtige Kräfte im Spiel sind, die sich nicht so ohne weiteres beeinflussen lassen, neigen wir ganz natürlich dazu, die Prophezeiung abzulehnen oder zu ignorieren. Die Gefahr zu beseitigen oder zu umgehen könnte Zeit, Mühe, Geld und Mut erfordern.

Vielleicht müßten wir sogar andere Prioritäten in unserem Leben setzen. Und nicht jede Vorhersage einer Katastrophe erfüllt sich, selbst dann nicht, wenn sie von Wissenschaftlern gemacht wird:

Das meiste tierische Leben in den Ozeanen wurde eben nicht aufgrund von Insektiziden vernichtet; trotz Äthiopien und der Sahelzone kam es in den achtziger Jahren nicht zu weltweiten Hungersnöten; die Nahrungsmittelproduktion in Südasien wurde keineswegs durch die brennenden Ölquellen in Kuwait im Jahre 1991 nachhaltig beeinträchtigt; die Fliegerei mit Überschallgeschwindigkeit gefährdet nicht die Ozonschicht – auch wenn all diese Vorhersagen von ernsthaften Wissenschaftlern verbreitet worden waren. Wenn wir daher mit einer neuen und unangenehmen Vorhersage konfrontiert werden, könnten wir versucht sein zu sagen: »Unwahrscheinlich.« – »Schwarzmalerei.« – »So etwas haben wir überhaupt noch nie erlebt.« – »Die wollen doch nur allen Angst machen.« – »Schlecht für die öffentliche Moral.« Mehr noch: Wenn die Faktoren, die die vorhergesagte Katastrophe beschleunigen, seit langem existieren, dann ist die Vorhersage selbst ein indirekter oder unausgesprochener Vorwurf. Warum haben wir Normalbürger es zugelassen, daß es zu dieser Gefahr gekommen ist? Hätten wir uns darüber nicht früher informieren sollen? Haben wir uns nicht als Mittäter schuldig gemacht, da wir nicht dafür gesorgt haben, daß die politische Führung die Bedrohung beseitigt hat? Und da dies unangenehme Gedankengänge sind – nämlich daß vielleicht unsere eigene Achtlosigkeit und Tatenlosigkeit uns und unsere Lieben in Gefahr gebracht haben –, besteht die natürliche, wenn auch

uneinsichtige Neigung, die ganze Angelegenheit abzutun. Dazu bedarf es doch viel besserer Beweise, sagen wir dann, bevor wir das ernst nehmen können. Wir sind versucht, es herabzusetzen, zu leugnen, zu vergessen. Die Psychiater sind sich dieser Versuchung durchaus bewußt. Sie nennen sie »Verdrängung«.

Die Geschichten von Krösus und Cassandra stellen die beiden Extreme der politischen Reaktion auf Vorhersagen einer tödlichen Gefahr dar: Krösus steht dabei für das leichtgläubige, unkritische Akzeptieren (gewöhnlich die Versicherung, daß alles gut sei), hinter dem Habgier oder andere Charakterschwächen stecken; die griechische und trojanische Reaktion auf Cassandra steht für die sture, unbewegliche Ablehnung einer möglichen Gefahr. Die Aufgabe des politischen Weichenstellers ist es nun, einen vernünftigen Kurs zwischen diesen beiden Untiefen zu steuern.

Nehmen wir an, eine Gruppe Wissenschaftler behauptet, daß eine große Umweltkatastrophe bevorstehe. Nehmen wir weiter an, das Verhindern oder auch nur Abmildern der Katastrophe sei kostspielig – im Hinblick auf unsere finanziellen und intellektuellen Ressourcen, aber auch in politischer Hinsicht, weil das unsere Denkweisen in Frage stellen würde. An welchem Punkt müßten die politisch Verantwortlichen die wissenschaftlichen Propheten ernst nehmen? Es gibt durchaus Möglichkeiten, die Stichhaltigkeit moderner Prophezeiungen zu bewerten, weil die Methoden der Wissenschaft ein Fehlerkorrekturverfahren vorsehen, eine Reihe von Regeln, die wiederholt gut funktioniert haben. Man

nennt das zuweilen die wissenschaftliche Methode. Es gibt einige Grundprinzipien (einige von ihnen habe ich in meinem Buch *Der Drache in meiner Garage* skizziert), die zu dieser Methode gezählt werden: Autoritätsargumente haben wenig Gewicht (»Weil ich das gesagt habe« genügt nicht); die quantitative Vorhersage ist eine äußerst gute Möglichkeit, nützliche Ideen von Unsinn zu trennen; die Methoden der Analyse müssen andere Ergebnisse in volle Übereinstimmung mit dem bringen, was wir sonst noch über das Universum wissen; die leidenschaftliche Debatte ist ein gutes Zeichen; die gleichen Schlußfolgerungen müssen unabhängig von kompetenten konkurrierenden wissenschaftlichen Gruppen gezogen werden, damit eine Idee ernst genommen werden kann und so weiter. Für Verantwortliche aller Art gibt es also Entscheidungshilfen, um einen sicheren Mittelweg zwischen hastigem Handeln und Gelassenheit zu finden. Das erfordert allerdings eine gewisse emotionale Disziplin und vor allem bewußte und wissenschaftlich gebildete Bürger, Bürger, die in der Lage sind, selbst zu beurteilen, wie schlimm die Gefahren wirklich sind.

Ein Stück Himmel fehlt

»... daß die Erde, dieser treffliche Bau, mir nur ein kahles Vorgebirge scheint; seht ihr, dieser herrliche Baldachin, die Luft; dies wackre umwölbende Firmament, dies majestätische Dach, mit goldnem Feuer ausgelegt: kommt es mir doch nicht anders vor als ein fauler, verpesteter Haufen von Dünsten.«

William Shakespeare,
Hamlet, zweiter Akt, zweite Szene (1600/01)

Ich wollte immer eine elektrische Eisenbahn haben. Aber erst als ich zehn war, konnten es sich meine Eltern leisten, mir eine zu kaufen. Sie war zwar gebraucht, aber in gutem Zustand – nicht etwa eine von diesen leichtgewichtigen, fingerlangen Miniaturbahnen, wie es sie heutzutage gibt, sondern ein richtiges Trumm, Allein schon die Lokomotive muß fünf Pfund gewogen haben. Außerdem gab es einen Kohlentender, einen Personenwagen und einen Dienstwagen. Es gab drei Sorten von Steckschienen, die ganz aus Metall bestanden: gerade, gebogene und eine wunderschöne Kreuzungsweiche, die den Bau einer Acht ermöglichte. Ich sparte mir einen grünen Plastiktunnel zusammen, so daß ich sehen konnte, wie die Lok, deren Scheinwerfer die Dunkelheit vertrieb, triumphierend hindurchtuckerte.

Meine Erinnerungen an jene glücklichen Zeiten werden von einem Geruch durchzogen – nicht unangenehm, leicht süßlich und immer vom Transformator ausgehend, einem großen schwarzen Metallkasten mit einem roten Schiebehebel, der die Geschwindigkeit des Zuges steuerte. Wenn man mich damals aufgefordert hätte, seine Funktionsweise zu beschreiben, dann hätte ich vermutlich geantwortet, er würde die Elektrizität innerhalb der Wände unserer Wohnung in die Elektrizität umwandeln, die die Lokomotive benötigte. Erst viel später erfuhr ich, daß eine bestimmte Chemikalie diesen Geruch hervorrief, die durch Elektrizität in der Luft erzeugt wurde und die auch einen Namen hatte: Ozon. Die Luft um uns herum, der Stoff, den wir atmen, besteht zu etwa 20 Prozent aus Sauerstoff – nicht aus dem atomaren Sauerstoff mit dem Symbol O, sondern aus dem Molekül O₂. Zwei Sauerstoffatome sind in ihm chemisch miteinander verbunden. Dieser molekulare Sauerstoff hält uns in Gang. Wir atmen ihn ein, kombinieren ihn mit Nahrung und gewinnen daraus Energie. Ozon ist eine viel seltenere Form einer Verbindung von Sauerstoffatomen. Für sie verwendet man das Symbol Os, als Zeichen dafür, daß drei Sauerstoffatome chemisch miteinander verbunden sind. Mein Transformator hatte einen Defekt. Ein winziger elektrischer Funke war davongespritzt und hatte die Verbindungen der Sauerstoffmoleküle aufgelöst, auf die er zufällig stieß:

O₂ + Energie ? O + O

Der Pfeil bedeutet: »wandelt sich um in.« Aber einsame Sauerstoffatome (O) sind unglücklich, chemisch reaktiv und ängstlich bestrebt, sich mit

benachbarten Molekülen zu verbinden – und das tun sie denn auch:

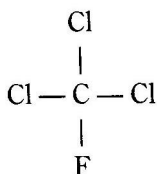
Hier steht M für ein beliebiges drittes Molekül; es wird bei der Reaktion nicht verbraucht, sondern dazu benötigt, sie in Gang zu halten. M ist ein Katalysator. Wir sind von genügend M-Molekülen umgeben, hauptsächlich von molekularem Stickstoff.

Auf diese Weise wurde in meinem Transformator Ozon erzeugt. Das gleiche geschieht auch in Automotoren und bei Verbrennungsvorgängen in der Industrie, wodurch reaktives Ozon hier unten am Boden erzeugt wird, das zu Smog und Luftverschmutzung durch die Industrie beiträgt. Für mich riecht es nicht mehr so lieblich. Die größere Ozongefahr besteht allerdings nicht darin, daß es zuviel von ihm hier unten gibt, sondern zuwenig dort oben.

Sie wurden aus Verantwortungsbewußtsein entwickelt, mit aller Sorgfalt, im Interesse der Umwelt: Kühlschränke. In den zwanziger Jahren wurden sie weithin als eine gute Sache angesehen. Sie waren bequem, dienten der öffentlichen Gesundheit, erlaubten es den Erzeugern von Obst, Gemüse und Milchprodukten, diese über beträchtliche Entfernungen hinweg zu vermarkten, garantierten schmackhafte Mahlzeiten, und jeder wollte einen haben, denn es mußten keine Eisblöcke mehr geschleppt werden. Was konnte daran schlecht sein? Aber die verwendete Betriebsflüssigkeit, deren Erwärmung und Abkühlung den Kühlvorgang ermöglichte, war entweder Ammoniak oder Schwefeldioxid – beides giftige und übelriechende Gase. Ein Leck war unter diesen Umständen sehr

schlimm. Man benötigte also dringend einen Ersatz – er sollte unter den richtigen Bedingungen flüssig sein, im Kühlschrank zirkulieren, aber keinen Schaden anrichten, wenn das Gerät ein Leck bekam oder verschrottet wurde. Für diese Zwecke sollte ein Stoff gefunden werden, der weder giftig noch entzündlich war, der nicht korrodierte, einem in den Augen brannte, Ungeziefer anzog oder gar die Katze belästigte. Aber in der ganzen Natur schien es keinen derartigen Stoff zu geben.

Also erfanden Chemiker in den USA und in Deutschland eine Klasse von Molekülen, die es auf der Erde noch nie gegeben hatte. Sie nannten sie Chlorfluorkohlenstoffe (CFKs), in Deutschland auch Fluorchlorkohlenstoffe (FCKs) genannt. Sie bestanden aus einem oder mehreren Kohlenstoffatomen, welche mit einigen Chlor- und/oder Fluoratomen verbunden waren. Dies ist einer:



C steht hierbei für Kohlenstoff, Cl für Chlor, F für Fluor. Die Chlorfluorkohlenstoffe waren wahnsinnig erfolgreich und übertrafen alle Erwartungen ihrer Erfinder. Sie wurden nicht nur als Betriebsflüssigkeit in Kühlschränken, sondern auch in Klimaanlage verwendet. Weite Verbreitung fanden sie in Aerosolsprühdosen, Isolierschaum und Industrielösungs- und -reinigungsmitteln (besonders in der Mikroelektronikindustrie). Der berühmteste

Markenname ist Freon, ein Warenzeichen von DuPont. Es wurde jahrzehntelang verwendet und schien überhaupt keinen Schaden anzurichten. Nichts konnte sicherer sein, dachte jeder. Daher basierte schon bald überraschend viel in der chemischen Industrie auf CFKs.

Anfang der siebziger Jahre wurden jährlich eine Million Tonnen von dem Zeug hergestellt. Nehmen Sie also einmal an, Sie befänden sich in den frühen siebziger Jahren, ständen in Ihrem Badezimmer und sprühten sich ein Deo in die Achselhöhlen. Das CFK-Aerosol strömt in einem feinen Nebel aus, der das Deodorant transportiert. Die CFK-Treibgasmoleküle bleiben nicht an Ihnen hängen. Sie tanzen durch die Luft, wirbeln am Spiegel entlang, prallen torkelnd von den Wänden ab. Schließlich kullern einige aus dem Fenster hinaus oder unter der Tür hindurch, und im Laufe der Zeit – das kann Tage oder Wochen dauern – befinden sie sich im Freien. Die CFKs stoßen auf andere Moleküle in der Luft, prallen von Gebäuden und Telegrafmasten ab und werden von Konvektionsströmungen und der globalen Luftzirkulation um unseren Planeten herumgewirbelt. Von ganz wenigen Ausnahmen abgesehen, zerfallen sie nicht und gehen auch keine chemischen Verbindungen mit einem der anderen Moleküle ein, auf die sie stoßen. Sie sind praktisch inaktiv. Nach ein paar Jahren befinden sie sich in der oberen Atmosphäre. Ozon wird dort oben in einer Höhe von rund fünfundzwanzig Kilometern auf natürliche Weise gebildet. Ultraviolettes Licht (UV) von der Sonne zerlegt O₂-Moleküle – entsprechend dem Funken in meinem schlecht isolierten Eisenbahntrafo

– in 0-Atome. Sie verbinden sich wieder zu Ozon, genau wie in meinem Trafo. Ein CFK-Molekül existiert in diesen Höhen durchschnittlich ein Jahrhundert lang, bis das UV dafür sorgt, daß es sein Chlor abgibt. Chlor ist ein Katalysator, der Ozonmoleküle zerstört, aber nicht selbst zerstört wird. Es dauert ein paar Jahre, bis das Chlor in die tiefere Atmosphäre zurückgelangt und durch Regenwasser ausgewaschen wird. In dieser Zeit kann ein Chloratom die Zerstörung von 100.000 Ozonmolekülen herbeiführen. Und so läuft diese Reaktion ab:

$O_2 + \text{UV-Licht} \rightarrow 2 O$

$2 Cl [\text{aus CFKs}] + 2 O_3 \rightarrow 2 ClO + 2 O_2$

$2 ClO + 2 O \rightarrow 2 Cl [\text{regeneriertes Cl}] + 2 O_2$

Das Endergebnis lautet also:

$2 O_3 \rightarrow 3 O_2$

Zwei Ozonmoleküle sind zerstört worden, drei Sauerstoffmoleküle sind erzeugt worden, und die Chloratome stehen bereit, weiteres Unheil anzurichten.

Na und? Wen interessiert das schon? Da werden einige unsichtbare Moleküle irgendwo dort oben am Himmel durch einige andere unsichtbare, hier unten auf der Erde hergestellte Moleküle zerstört – warum sollten wir uns deswegen Sorgen machen? Weil das Ozon unser Schutzschild gegen das ultraviolette Licht der Sonne ist. Wenn alles Ozon in den oberen Luftschichten auf die in diesem Augenblick um Sie herum herrschende Temperatur und den gerade bestehenden Luftdruck gebracht würde, wäre diese Schicht nur drei Millimeter dick – etwa so breit wie die Nagelhaut an Ihrem kleinen Finger, falls Sie sich nicht sorgfältig maniküren. Das ist nicht sehr viel

Ozon. Aber es ist alles, was sich zwischen uns und der starken langwelligen UV-Strahlung der Sonne befindet.

Gefährlich an der UV-Strahlung, heißt es oft, sei der Hautkrebs. Besonders anfällig sind hellhäutige Menschen – Dunkelhäutige werden durch eine ausgiebige Versorgung mit Melanin geschützt. Die Sonnenbräune ist nichts anderes als eine Anpassung, durch die Weiße mehr schützendes Melanin entwickeln, wenn sie der UV-Strahlung ausgesetzt sind. Anscheinend ist da eine gewisse kosmische Gerechtigkeit am Werk: Hellhäutige Menschen erfinden CFKs, die dann Hautkrebs vorzugsweise bei hellhäutigen Menschen hervorrufen, während dunkelhäutige Menschen, die mit dieser wunderbaren Erfindung wenig zu tun hatten, auf natürliche Weise geschützt sind. Heutzutage werden zehnmal so viele Fälle von bösartigem Hautkrebs wie in den fünfziger Jahren ermittelt. Ein Teil dieses Anstiegs mag zwar besseren Ermittlungsmethoden zuzuschreiben sein, doch anscheinend sind auch die Zerstörung der Ozonschicht und eine zunehmende UV-Strahlung daran beteiligt. Sollte sich diese Entwicklung weiter fortsetzen, könnte es erforderlich sein, daß hellhäutige Menschen spezielle Schutzkleidung bei normalen Ausflügen im Freien tragen müssen, zumindest in größeren Höhen und höheren Breiten.

Aber auch wenn zunehmender Hautkrebs eine direkte Folge einer verstärkten UV-Strahlung ist und für Millionen tödlich sein kann, ist das ebensowenig wie die steigende Rate von Starkerkrankungen noch nicht das Schlimmste. Ernster zu nehmen ist der Umstand, daß UV-Strahlung das Immunsystem

schädigt – die Abwehrmaschinerie des Körpers gegen Krankheiten –, allerdings ebenfalls nur bei Menschen, die sich ungeschützt dem Sonnenlicht aussetzen. Doch so schwerwiegend dies alles sein mag – die eigentliche Gefahr liegt noch woanders.

Wenn die organischen Moleküle, aus denen alles Leben auf der Erde besteht, ultraviolettem Licht ausgesetzt werden, zerfallen sie oder gehen ungesunde chemische Verbindungen ein. Die in den Ozeanen am weitesten verbreiteten Lebewesen sind winzige einzellige Pflanzen dicht unter der Wasseroberfläche: das Phytoplankton. Sie können sich vor der UV-Strahlung nicht verbergen, indem sie tiefer tauchen, weil sie davon leben, daß sie das Sonnenlicht ernten. Sie leben sozusagen von der Hand in den Mund (ein schiefes Bild – denn sie haben weder Hand noch Mund). Man hat experimentell nachgewiesen, daß auch eine nur mäßige Zunahme an UV-Strahlung die im Antarktischen Ozean und anderswo verbreiteten einzelligen Pflanzen schädigt. Bei einer stärkeren Zunahme kann man davon ausgehen, daß sie schwerere Schädigungen und schließlich massenhaftes Absterben bewirkt.

Erste Messungen der Populationen dieser mikroskopisch kleinen Pflanzen in antarktischen Gewässern zeigen, daß in neuerer Zeit ein auffallender Rückgang – bis zu 25 Prozent – dicht unter der Oberfläche festzustellen ist. Weil Phytoplanktonpflanzen so klein sind, fehlt ihnen die zähe, UV-Strahlung absorbierende Haut von Tieren und höheren Pflanzen. Neben unvermeidlichen Folgen für die ozeanische Nahrungskette bewirkt das Verschwinden von Phytoplankton auch, daß der

Atmosphäre weniger Kohlendioxid entzogen wird – und damit verstärkt sich die globale Erwärmung. Dies ist nur eine von mehreren Wechselwirkungen zwischen der Ausdünnung der Ozonschicht und der Erwärmung der Erde – auch wenn es sich dabei grundsätzlich um ganz unterschiedliche Problemfelder handelt. Denn die Ozonabnahme spielt sich hauptsächlich im ultravioletten, die globale Erwärmung dagegen im sichtbaren und infraroten Bereich ab.

Kommen wir auf die Nahrungskette zurück. Wenn zunehmend UV-Licht auf die Ozeane fällt, beschränkt sich der Schaden nicht nur auf diese kleinen Pflanzen – weil sie nämlich die Nahrung von einzelligen Tieren (dem Zooplankton) sind, die wiederum von kleinen, garnelenartigen Schalentieren (wie denen in meiner Glaswelt Nummer 4210, dem Krill) gegessen werden, die von kleinen Fischen gefressen werden, die von größeren Fischen verspeist werden, und die dienen Delphinen, Walen und Menschen als Nahrung. Die Vernichtung der kleinen Pflanzen an der Basis der Nahrungskette führt zum Zusammenbruch der gesamten Kette. Es gibt viele solcher Nahrungsketten, auf dem Land wie im Wasser, und sie alle sind anscheinend störanfällig auf UV-Strahlung. UV-empfindlich sind beispielsweise die Bakterien in den Wurzeln von Reispflanzen, die Stickstoff aus der Luft beziehen. Zunehmende UV-Strahlung kann den Anbau gefährden und möglicherweise sogar die Versorgung von uns Menschen verschlechtern. Laboruntersuchungen in mittleren Breiten zeigen, daß viele Feldfrüchte durch die Zunahme von Licht im Bereich nahe der UV-Strahlung geschädigt sind, das

durchgelassen wird, wenn die Ozonschicht dünner wird.

Indem wir zulassen, daß die Ozonschicht zerstört wird und sich die Intensität der UV-Strahlung auf der Erdoberfläche erhöht, setzen wir das Netz des Lebens auf unserem Planeten Beanspruchungen von unbekannten, aber beunruhigenden Ausmaßen aus. Wir haben keine Ahnung von den komplexen wechselseitigen Abhängigkeiten der Lebewesen auf der Erde und von den Folgen, die sich ergeben werden, wenn wir einige besonders anfällige Mikroben auslöschen, von denen größere Organismen abhängen. Wir zerren an einem globalen biologischen Teppich herum und wissen nicht, ob wir nur einen einzelnen Faden herausziehen werden oder ob sich der ganze Teppich vor uns auflösen wird.

Niemand glaubt, daß die gesamte Ozonschicht in unmittelbarer Gefahr ist zu verschwinden. Selbst wenn wir uns weiterhin hartnäckig weigern, unsere Gefährdung zur Kenntnis zu nehmen, werden wir nicht auf die lebensfeindliche Beschaffenheit der Marsoberfläche reduziert, auf die die ungefilterte UV-Strahlung der Sonne prasselt. Aber selbst eine weltweite Ozonabnahme um nur zehn Prozent – und viele Wissenschaftler glauben, dies werde irgendwann durch *die gegenwärtige* Dosis von CFKs in der Atmosphäre bewirkt – kann sich als sehr gefährlich erweisen.

1974 haben F. Sherwood Rowland und Mario Molina von der University of California in Irvine zum ersten Mal davor gewarnt, daß CFKs – und davon wurden damals einige Millionen Tonnen pro Jahr in die Stratosphäre eingeführt – die Ozonschicht

ernsthaft beschädigen könnten. Spätere Experimente und Berechnungen von Wissenschaftlern auf der ganzen Welt haben ihre Befunde bestätigt. Zunächst ging aus einigen Arbeiten hervor, daß es diesen Effekt zwar gebe, daß er aber weniger schwerwiegend sei, als Rowland und Molina behauptet hatten – andere Forscher hingegen kamen zu dem Schluß, daß er noch besorgniserregender sei. Das ist ganz üblich bei einer neuen wissenschaftlichen Entdeckung, daß andere Wissenschaftler herauszufinden versuchen, wie stabil die neue Entdeckung ist. Schließlich pegelten sich die Berechnungen mehr oder weniger auf dem Level ein, von dem Rowland und Molina ausgegangen waren. 1995 erhielten sie dann beide für diese Arbeit den Nobelpreis für Chemie. Der Chemieriese DuPont, der alljährlich CFKs im Werte von 600 Millionen Dollar verkaufte, schaltete Anzeigen in Zeitungen und wissenschaftlichen Zeitschriften und erklärte Kongreßausschüssen, die Gefährdung der Ozonschicht durch CFKs sei nicht bewiesen, werde stark übertrieben oder basiere auf fehlerhaften wissenschaftlichen Überlegungen. In den Anzeigen wurden »Theoretiker und einige Parlamentarier«, die für ein Verbot von CFKs in Aerosolen seien, mit »Forschern und der Aerosol-Industrie« verglichen, die für eine Kompromißlösung einträten. Der Konzern behauptete, »andere Chemikalien... sind in erster Linie verantwortlich«, und warnte davor, »Unternehmen durch übereiltes gesetzgeberisches Handeln zu vernichten«. Er unterstellte einen »Mangel an Beweisen« in dieser Problematik und versprach ein dreijähriges Forschungsprogramm, nach dessen Abschluß man dann etwas unternehmen

könne. Ein mächtiger und profitabler Konzern war nicht bereit, Hunderte von Millionen Dollar pro Jahr nur aufgrund der Redereien von ein paar Fotochemikern aufs Spiel zu setzen. Im Endeffekt erklärte man, wenn die Theorie zweifelsfrei bewiesen sei, bliebe immer noch genug Zeit, über Änderungen nachzudenken. Manchmal hatte man den Eindruck, das Unternehmen würde die Herstellung von CFKs einstellen, sobald die Ozonschicht ein für allemal beschädigt sei. Aber dann gäbe es vielleicht keine Abnehmer mehr. Sobald die CFKs in der Atmosphäre sind, gibt es keine Möglichkeit, sie wieder herauszuholen (oder Ozon von hier unten, wo es ein Schadstoff ist, nach oben zu pumpen, wo es gebraucht wird). Sobald CFKs in die Luft gelangt sind, halten ihre Wirkungen etwa ein Jahrhundert lang an. Daher haben Sherwood Rowland, andere Wissenschaftler und das Natural Resources Defense Council in Washington auf dem Verbot von CFKs bestanden. 1978 wurden CFK-Treibgase in Aerosolspraydosen in den USA, Kanada, Norwegen und Schweden gesetzlich verboten. Aber der größte Teil der Weltproduktion von CFKs war gar nicht für Spraydosen bestimmt. Die besorgte Öffentlichkeit wurde vorübergehend besänftigt, die Aufmerksamkeit wandte sich anderen Dingen zu, und der CFK-Gehalt der Luft stieg weiterhin an. Die Menge von Chlor in der Atmosphäre war bald doppelt so hoch wie damals, als Rowland und Molina Alarm geschlagen hatten, und fünfmal so hoch wie in den fünfziger Jahren.

Jahrelang hatte der British Antarctic Survey, ein in der Halley Bay auf dem südlichsten Kontinent stationiertes Team von Wissenschaftlern, die

Ozonschicht in großer Höhe gemessen. 1985 gaben diese Forscher die beunruhigende Erklärung ab, der Ozongehalt sei im Frühjahr fast auf die Hälfte des Werts zurückgegangen, den sie ein paar Jahre zuvor gemessen hatten. Der Befund wurde von einem NASA-Satelliten bestätigt. Derzeit sind im Frühjahr zwei Drittel des Ozons über der Antarktis verschwunden. Die antarktische Ozonschicht weist ein Loch auf, und zwar seit Ende der siebziger Jahre jedesmal im Frühjahr. Während sich die Schicht im Winter wieder zurückbildet, scheint das Loch in jedem Frühjahr länger zu bestehen. Kein Wissenschaftler hat dies je vorhergesagt.

Natürlich führte das wachsende Ozonloch zu weiteren Aufrufen für ein Verbot von CFKs (genauso wie die Entdeckung, daß CFKs die durch den Treibhauseffekt von Kohlendioxid verursachte globale Erwärmung verstärken). Aber die Vertreter der Industrie hatten anscheinend Mühe, sich auf das Wesen des Problems zu konzentrieren. Richard C. Barnett, Vorsitzender der – von CFK-Herstellern gebildeten – Allianz für eine verantwortungsbewußte CFK-Politik, beklagte sich: »Der rasche, vollständige Verzicht auf CFKs, den manche verlangen, hätte schreckliche Folgen. Ganze Industrien müßten schließen, weil sie keine alternativen Produkte zur Verfügung hätten – die Kur könnte den Patienten umbringen.« Aber der Patient besteht nicht aus »ganzen Industrien« – der Patient könnte das Leben auf der Erde sein. Die Chemical Manufacturers Association, der Verband der amerikanischen Chemieunternehmen, vertrat die Ansicht, das Ozonloch in der Antarktis »ist höchstwahrscheinlich nicht

von globaler Bedeutung... Selbst in der anderen am ehesten vergleichbaren Region der Welt, der Arktis, schließt die Meteorologie praktisch eine ähnliche Situation aus.«

In jüngster Zeit wurde ein erhöhter Gehalt an reaktivem Chlor *im* Ozonloch festgestellt, was den Verdacht eines Zusammenhangs mit den CFKs bestätigt hat. Und Messungen in der Nähe des Nordpols legen die Vermutung nahe, daß sich tatsächlich auch über der Arktis ein Ozonloch bildet. Eine Studie von 1996, mit dem Titel »Satellitengestützte Bestätigung der Dominanz von Chlorfluorkohlenstoffen im Chlorhaushalt der globalen Stratosphäre«, gelangt zu der für ein wissenschaftliches Papier ungewöhnlich markigen Schlußfolgerung, daß CFKs an der Ozonabnahme »über jeden vernünftigen Zweifel hinaus« beteiligt seien. Das aus Vulkanen und Meeressgisch resultierende Chlor – auf das einige sehr konservative Radiokommentatoren hingewiesen haben – ist höchstens zu fünf Prozent an der Zerstörung der Ozonschicht schuld.

In den mittleren nördlichen Breiten, wo die meisten Menschen auf der Erde leben, ist die Ozonmenge anscheinend zumindest seit 1969 gleichmäßig zurückgegangen. Es gibt natürlich Schwankungen, und vulkanische Aerosole führen ein oder zwei Jahre lang zu einer Abnahme des Ozongehalts, bevor sie ausgefällt werden. Aber wir haben allen Grund, besorgt zu sein, wenn (laut der World Meteorological Organization) alljährlich in einigen Monaten über den mittleren nördlichen Breiten eine relative Abnahme von 30 Prozent, in manchen Gebieten sogar von 45

Prozent festgestellt wird. Es bedarf gar nicht vieler aufeinanderfolgender Jahre mit einem derartigen Prozentsatz, bis das Leben unter der abnehmenden Ozonschicht wahrscheinlich in Schwierigkeiten gerät.

Die Stadt Berkeley in Kalifornien verbot die weißen, CFK-haltigen Schaumstoffisolierbehälter zur Warmhaltung von Fast-food. Die Fast-food-Kette McDonald's versprach, die schädlichsten CFKs in ihren Verpackungen zu ersetzen. Angesichts drohender staatlicher Vorschriften und Verbraucherboykotte verkündete DuPont schließlich im Jahre 1988, 14 Jahre nach dem Nachweis der CFK-Gefahren, man werde die Herstellung von CFKs auslaufen lassen – aber vollständig erst im Jahr 2000. Andere amerikanische Hersteller haben seinerzeit nicht einmal das in Aussicht gestellt. Allerdings stammten nur 30 Prozent der weltweiten CFK-Produktion aus den USA. Da die Ozonschicht langfristig gesehen global gefährdet ist, mußte es auch eindeutig eine globale Lösung geben.

Im September 1987 kamen die Vertreter vieler Länder, die CFKs produzieren und verwenden, in Montreal zusammen, um über eine Begrenzung der weiteren Verwendung von CFK zu beraten. Anfangs beteiligten sich England, Italien und Frankreich unter dem Einfluß ihrer mächtigen chemischen Industrien (und der Parfümindustrie in Frankreich) nur zögernd an den Diskussionen. Sie fürchteten, DuPont habe einen Ersatzstoff in petto, den der Konzern in der Zeit entwickelt habe, in der er wegen der CFKs mauerte. Die USA würden also ein Verbot der CFKs vorantreiben, argwöhnten die anderen Länder, um die globale Wettbewerbsfähigkeit eines ihrer

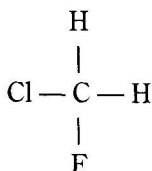
Großunternehmen zu erhöhen. Länder wie Südkorea fehlten ganz. Die chinesische Delegation unterzeichnete das Abkommen nicht. Innenminister Donald Hodel, ein konservatives Mitglied der Reagan-Regierung und erklärter Gegner staatlicher Kontrollen, schlug angeblich vor, statt die CFK-Produktion zu begrenzen, sollten wir alle Sonnenbrillen und Hüte tragen. Diese Möglichkeit ist den Mikroorganismen an der Basis der Nahrungsketten, die das Leben auf der Erde aufrecht-erhalten, leider verwehrt. Ungeachtet dieses Ratschlags haben die USA das Protokoll von Montreal unterzeichnet. Daß dies in der Spätphase der Reagan-Administration mit ihrer verkrampften Umweltfeindlichkeit möglich war, war wirklich unerwartet (es sei denn, daß die Ängste der europäischen Konkurrenten von DuPont begründet waren). Allein in den USA müßten 90 Millionen Klimaanlage in Autos und 100 Millionen Kühlschränke ausgetauscht werden. Dies stellte ein beachtliches Opfer zur Erhaltung der Umwelt dar. Das Zustandekommen dieses Protokolls ist in erheblichem Maße Botschafter Richard Benedick, der die US-Delegation in Montreal führte, und der britischen Premierministerin Margaret Thatcher zuzuschreiben, die als ehemalige Chemikerin das Problem verstand.

Mittlerweile ist das Protokoll von Montreal durch Ergänzungsabkommen ausgeweitet worden, die in London und Kopenhagen unterzeichnet wurden. Während ich dies schreibe, haben 156 Länder, darunter die Republiken der ehemaligen Sowjetunion, China, Südkorea und Indien, das Abkommen signiert. Allerdings fragen sich einige Länder, warum sie auf

Kühlschränke und Klimaanlage verzichten müssen, wenn ihre Industrien gerade in Schwung kommen, während Japan und der Westen von CFKs profitiert hätten. Die Frage ist ebenso berechtigt wie engstirnig. Ein totaler Verzicht auf CFKs wurde für das Jahr 2000 vereinbart und dann auf 1996 vorgezogen. China, dessen CFK-Verbrauch in den achtziger Jahren jährlich um 20 Prozent zunahm, erklärte sich damit einverstanden, seinen Bedarf an CFKs zu reduzieren und von der im Vertrag vorgesehenen zehnjährigen Gnadenfrist keinen Gebrauch zu machen. DuPont ist mittlerweile führend bei der Reduzierung von CFKs und hat sich im Gegensatz zu vielen Ländern für ein schnelleres Auslaufen der Produktion verpflichtet. Die Menge der CFKs in der Atmosphäre geht meßbar zurück. Das Problem ist nur, daß wir die Produktion von *CFKs ganz* stoppen und dann ein Jahrhundert lang warten müssen, bis sich die Atmosphäre selbst gereinigt hat. Je länger wir das hinauszögern, je mehr Länder sich dem verweigern, desto größer ist die Gefahr. Sicher ist das Problem gelöst, wenn sich ein billigerer und effektiverer Ersatz für CFKs finden läßt, der uns oder der Umwelt nicht schadet. Aber wenn es nun keinen derartigen Ersatz gibt? Wenn der beste Ersatz teurer als die CFKs ist? Wer bezahlt die Forschung, wer kommt für den Preisunterschied auf – der Verbraucher, der Staat oder die chemische Industrie, die uns in diesen Schlamassel gebracht (und davon profitiert) hat? Werden die Industrienationen, die von der CFK-Technologie profitiert haben, die neu sich entwickelnden Industriestaaten, die nichts davon gehabt haben, entsprechend unterstützen? Und was ist, wenn wir erst in 20 Jahren sicher sein können,

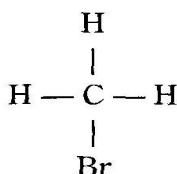
daß der Ersatzstoff nicht Krebs verursacht? Wie steht's mit der UV-Strahlung, die inzwischen auf den Antarktischen Ozean niedergeht? Was ist mit den neu hergestellten CFKs, die zwischen heute und irgendeinem Zeitpunkt X, zu dem das Zeug völlig verboten wird, zur Ozonschicht aufsteigen?

Ein Ersatz – oder besser: eine Notlösung – ist mittlerweile gefunden worden. Die CFKs werden vorübergehend ersetzt durch FKW's (oder FCKW's, ähnliche Moleküle, die aber zusätzlich um Wasserstoffatome erweitert sind, wie dieses Beispiel:



Sie schädigen die Ozonschicht noch immer, aber viel weniger, sie tragen, wie die CFKs, erheblich zur globalen Erwärmung bei, und sie sind, besonders in der Einführungsphase, teurer. Aber sie werden tatsächlich dem unmittelbarsten Bedürfnis gerecht: dem Schutz der Ozonschicht. Die FCKW's wurden zwar von DuPont entwickelt, aber – wie der Konzern schwört – erst *nach* den Befunden in der Halley Bay.

Brom zerstört mindestens vierzigmal effektiver als Chlor das Ozon in der Stratosphäre. Glücklicherweise ist es viel seltener als Chlor. Brom gelangt in Form von Halonen in die Luft, wie sie in Feuerlöschern verwendet werden, ferner in Form von Methylbromid:



Methylbromid wird beim Begasen von Boden und gelagertem Getreide eingesetzt. Zwischen 1994 und 1996 einigten sich die Industrienationen darauf, die Produktion dieser Materialien auslaufen zu lassen, wobei sie die Herstellungsmenge 1996 einfroren, aber die totale Einstellung auf das Jahr 2030 verschoben. Weil es für einige Halone bislang noch keine Ersatzstoffe gibt, könnte die Versuchung bestehen, sie weiterhin zu verwenden – ob sie nun verboten werden oder nicht. Inzwischen versucht man, eine langfristige, technisch bessere Lösung zu finden, um die FCKWs abzulösen. Das könnte eine geniale Synthese eines neuen Moleküls sein, wird aber vielleicht auch in andere Richtungen führen – zum Beispiel akustische Kühlschränke, in denen keine Flüssigkeit zirkuliert, die komplexe Gefahren mit sich bringt. Hier bietet sich die Chance für eine kreative Erfindung. Der finanzielle Lohn wie der langfristige Nutzen für die Spezies Mensch und den gesamten Planeten werden hoch sein. Ich würde gern erleben, wie das ungeheure technische Können in den Kernwaffenlaboratorien, die nach dem Ende des Kalten Kriegs zunehmend obsolet geworden sind, für solche wertvollen Ziele angewendet würde. Ich würde gern erleben, wie großzügige Subventionen und unwiderstehliche Preise für die Erfindung effektiver, praktischer, sicherer und einigermaßen preiswerter neuer Formen von Klimaanlage und Kühlschränken

angeboten würden – für Produkte, die sich für die lokale Herstellung in Entwicklungsländern eignen.

Das Protokoll von Montreal ist für die Größenordnung der Veränderungen, auf die man sich verständigt hat, insbesondere aber für ihre Richtung von Bedeutung. Am überraschendsten ist vielleicht ein Verbot der CFKs zu einer Zeit, als noch keine Klarheit darüber herrschte, ob es eine machbare Alternative geben würde. Die Konferenz von Montreal wurde vom Umweltprogramm der UN gesponsert, und dessen Direktor, Mostafa K. Tolba, nannte das Ergebnis »den ersten wirklich globalen Vertrag, der dem Schutz jedes einzelnen Menschen dient«. Es ist ermutigend, daß wir neue und unerwartete Gefahren erkennen können, daß die Spezies Mensch zusammenkommen und im Namen aller sich mit einer derartigen Frage befassen kann, daß reiche Länder bereit sein könnten, einen beachtlichen Anteil der Kosten zu übernehmen, und daß Konzerne, die viel zu verlieren haben, dazu gebracht werden können, nicht nur ihre Meinung zu ändern, sondern in einer solchen Krise neue unternehmerische Chancen zu erblicken. Das CFK-Verbot stellt so etwas wie ein Existenztheorem dar, wie man das in der Mathematik nennt: ein Beweis dafür, daß etwas, das nach allem, was man weiß, unmöglich sein könnte, dennoch zustande gebracht werden kann. Das ist ein Grund für vorsichtigen Optimismus. Der Spitzenwert von etwa vier Chloratomen auf je eine Milliarde andere Moleküle in der Stratosphäre scheint inzwischen überschritten zu sein, denn die Menge der Chloratome nimmt inzwischen wieder ab. Wenn sich die Ozonschicht in absehbarer Zeit dennoch nicht

selbst heilen kann, liegt das zumindest teilweise am Brom.

Sicher ist es deshalb zu früh, im Hinblick auf den Schutz der Ozonschicht von Entwarnung zu sprechen. Wir müssen dafür sorgen, daß die Herstellung dieser Materialien weltweit fast ganz gestoppt wird. Wir brauchen eine viel intensivere Forschung, um sichere Ersatzstoffe zu finden. Wir benötigen eine umfassende Überwachung (von Bodenstationen, Flugzeugen und Satelliten aus) der Ozonschicht rund um den Globus*, die zumindest ebenso gewissenhaft erfolgt, wie wir einen uns nahestehenden Menschen überwachen würden, der an Herzrhythmusstörungen leidet. Wir müssen wissen, wie stark die Ozonschicht durch gelegentliche Vulkanausbrüche, durch die anhaltende globale Erwärmung oder die Einleitung einer neuen Chemikalie in die Erdatmosphäre zusätzlich belastet wird.

* Die NASA und die National Oceanic and Atmospheric Administration haben sich bei der Sammlung von Daten über den Rückgang der Ozonschicht und seine Ursachen rühmlich hervorgetan. (So hat beispielsweise der Satellit *Nimbus-7* eine Zunahme der gefährlichsten UV-Strahlung festgestellt, die die Erdoberfläche erreicht, und zwar um zehn Prozent in einem Jahrzehnt im Süden von Chile und Argentinien und etwa um fünf Prozent in den mittleren nördlichen Breiten, wo die meisten Menschen auf der Erde leben.) Ein neues ehrgeiziges NASA-Satellitenprogramm namens *Mission to Planet Earth* wird weiterhin den Ozongehalt und damit verwandte atmosphärische Phänomene ein Jahrzehnt lang oder länger überwachen. Mittlerweile haben sich Rußland, Japan, die einzelnen Mitglieder der ESA und andere Länder mit ihren eigenen Raumfahrtprogrammen dazugesellt. Auch nach diesen Kriterien nimmt die Spezies Mensch die drohende Verringerung des Ozongehalts nun ernst.

Kurz nach dem Protokoll von Montreal begann der Chlorgehalt in der Stratosphäre zurückzugehen. Seit 1994 nimmt der Gesamtgehalt von Chlor und Brom in der Stratosphäre ab. Man schätzt, daß sich die Ozonschicht etwa ab der Jahrhundertwende langfristig erholen dürfte, falls auch der Bromgehalt zurückgeht. Wären bis zum Jahr 2100 keine CFK-Kontrollen eingeführt worden, dann würde das Chlor in der Stratosphäre Werte erreichen, die dreimal höher als heute lägen, das antarktische Ozonloch würde es bis zur Mitte des 22. Jahrhunderts geben, und die im Frühjahr zu beobachtende Ozonverringerung in den mittleren nördlichen Breiten könnte weit über dreißig Prozent hinausgehen – ein gigantischer Wert, so Rowlands Kollege Michael Prather in Irvine.

In den USA leisten die Klimaanlagen- und Kühleisindustrien, extreme »Konservative« und republikanische Kongreßmitglieder noch immer Widerstand. Tom DeLay, der Führer der republikanischen Mehrheitsfraktion, vertrat 1996 die Ansicht, daß »die wissenschaftliche Grundlage des CFK-Verbots umstritten ist« und daß das Protokoll von Montreal »das Ergebnis einer Panikmache der Medien« sei. John Doolittle, ein weiterer republikanischer Abgeordneter, beharrte darauf, daß der kausale Zusammenhang zwischen dem Rückgang des Ozons und den CFKs »noch immer sehr zur Diskussion steht«. Einem Reporter, der ihn an die durchaus kritische Auseinandersetzung von Experten mit wissenschaftlichen Arbeiten erinnerte, in denen dieser Zusammenhang festgestellt worden war, entgegnete Doolittle: »Ich werde mich nicht auf diesen Expertenhokuspokus einlassen.« Für das Land

wäre es vielleicht besser, wenn er es täte. Denn die Expertenkritik ist ja gerade der große Hokusfokusdetektor. Ganz anders lautete das Urteil des Nobelpreiskomitees. Es verlieh den Preis an Rowland und Molina – deren Namen jedes Schulkind kennen sollte – für ihren »Beitrag zu unserer Rettung vor einem globalen Umweltproblem, das katastrophale Folgen haben könnte«. Es ist schwer verständlich, daß »Konservative« gegen den Schutz der Umwelt sein können, von der unser aller Leben abhängt – auch das der Konservativen und ihrer Kinder. Was konservieren eigentlich Konservative?

Die zentralen Elemente der Ozonstory sind genauso beschaffen wie bei vielen anderen Gefährdungen der Umwelt: Zuerst geben wir eine Substanz in die Atmosphäre (oder sind bereit, dies zu tun). Irgendwie untersuchen wir dann aber die Auswirkungen auf die Umwelt nicht gründlich genug – aus den verschiedensten Gründen. Eine Untersuchung wäre teuer oder würde die Produktion verzögern und die Profite beschneiden. Die Verantwortlichen wollen keine Gegenargumente hören. Die begabtesten Wissenschaftler haben sich noch nicht mit dieser Frage auseinandergesetzt, oder wir Menschen sind einfach fehlbar und haben irgend etwas übersehen. Und dann werden wir plötzlich mit einer ganz und gar unerwarteten Gefahr von weltweiten Dimensionen konfrontiert, deren verhängnisvollste Folgen vielleicht erst Jahrzehnte oder Jahrhunderte später zum Tragen kommen. Eine solche Gefahr läßt sich nicht mehr lokal oder kurzfristig beseitigen. All diese Fälle lehren uns eines: Wir sind nicht immer klug oder weise

genug, um alle Folgen unseres Handelns vorhersehen zu können. Die Erfindung der CFKs war sicher eine geniale Leistung. Aber bei aller Klugheit waren jene Chemiker damals nicht klug genug. Genau weil CFKs so inaktiv sind, überlebten sie lange genug, um die Ozonschicht zu erreichen. Die Welt ist eben sehr kompliziert. Die Luft ist dünn. Die Natur ist subtil, und unsere Fähigkeit, Schaden anzurichten, ist groß. Wir müssen viel vorsichtiger und weniger nachlässig sein, was die Verschmutzung unserer fragilen Atmosphäre betrifft. Wir müssen höhere Standards der planetarischen Hygiene entwickeln und erheblich größere wissenschaftliche Ressourcen zur Überwachung und für das Verständnis der Welt mobilisieren. Und wir müssen anfangen, nicht nur im Sinne unseres Landes und unserer Generation (viel weniger noch um der Profite einer bestimmten Industrie willen) zu denken und zu handeln, sondern im Sinne des gesamten verletzlichen Planeten Erde und künftiger Generationen.

Das Loch in der Ozonschicht ist eine in den Himmel geschriebene Mahnung. Zunächst schien sie uns an unsere anhaltende Selbstzufriedenheit angesichts eines Hexengebräus tödlicher Gefahren zu erinnern. Aber vielleicht kündigt sie ja eigentlich von einem neu entdeckten Talent zum gemeinsamen Schutz der globalen Umwelt. Das Protokoll von Montreal und seine Ergänzungsabkommen stehen auch für einen ruhmreichen Triumph der Spezies Mensch.

Die Falle – die Erwärmung der Welt

»... und trachten sich selbst nach dem Leben.«

Die Sprüche Salomos 1, 18

Vor 300 Millionen Jahren war die Erde von riesigen Sümpfen bedeckt. Als die Farne, Schachtelhalme und Bärlappgewächse starben, wurden sie unter Sumpferde begraben. Äonen vergingen; die Überreste wurden in tiefere Schichten getragen und dort langsam in einen harten organischen Feststoff umgewandelt, den wir Kohle nennen. An anderen Orten und in anderen Epochen starben unzählige einzellige Pflanzen und Tiere, sanken auf den Meeresboden hinab und wurden von Sediment bedeckt. Über Jahrmillionen wurden ihre verrottenden Überreste unmerklich in unterirdische organische Flüssigkeiten und Gase umgewandelt, die wir Erdöl und Erdgas nennen. Einige Erdgasvorkommen sind vielleicht auch anderen Ursprungs – sie haben keine biologische Herkunft, sondern wurden der Erde während ihrer Entstehung einverleibt. Nachdem sich die Menschen entwickelt hatten, gab es gelegentliche frühe Begegnungen mit diesen seltsamen Materialien, wenn sie an die Erdoberfläche gelangten. Austretendes Öl und Gas und ihre Entzündung durch Blitzschlag gelten als Ursprung der »ewigen Flamme«, die in den altpersischen Religionen der

Feueranbetung von zentraler Bedeutung ist. Marco Polo fand keinen Glauben, als er den europäischen Gelehrten seiner Zeit die haarsträubende Geschichte erzählte, daß in China ein schwarzes Gestein aus der Erde herausgeholt würde, das brannte, wenn es angezündet wurde. Schließlich stellten die Europäer fest, daß diese leicht zu transportierenden, energiereichen Materialien von Nutzen sein konnten. Sie waren viel besser als Holz. Man konnte sein Haus damit wärmen, einen Hochofen beschicken, eine Dampfmaschine antreiben, Elektrizität erzeugen, die Industrie mit Strom versorgen und Züge, Autos, Schiffe und Flugzeuge in Gang setzen. Und es gab gewaltige militärische Anwendungsmöglichkeiten. Also lernten wir, die Kohle aus der Erde auszugraben und tiefe Löcher in den Boden zu treiben, damit das in ihm verborgene und durch das darüberliegende Gestein zusammengepreßte Gas und Öl an der Oberfläche herausschießen konnte. Heute beherrschen diese Substanzen die Wirtschaft. Sie treiben unsere globale technische Zivilisation an. Ohne Übertreibung kann man sagen, daß sie in gewisser Hinsicht die Welt in Gang halten. Doch wie immer müssen wir dafür einen Preis zahlen.

Kohle, Öl und Gas nennt man fossile Brennstoffe, weil sie größtenteils aus den fossilen Überresten von Lebewesen bestehen, die vor langer Zeit existiert haben. Die in ihnen enthaltene chemische Energie ist eine Art von gespeichertem Sonnenlicht, das ursprünglich von uralten Pflanzen angesammelt wurde. Unsere Zivilisation wird in Gang gehalten, weil wir die Überreste von bescheidenen Geschöpfen verbrennen, die die Erde Hunderte von Millionen

Jahren bewohnten, bevor die ersten Menschen die Szene betraten. Es ist einem grauerregenden kannibalischen Kult vergleichbar: Wir leben von den toten Leibern unserer Ahnen und fernen Verwandten.

Wenn wir an die Zeit zurückdenken, da unser einziger Brennstoff Holz war, lernen wir die Segnungen ein wenig schätzen, die die fossilen Brennstoffe mit sich gebracht haben. Sie haben auch riesige globale Industrien geschaffen, mit immenser finanzieller und politischer Macht – nicht nur die Öl-, Gas- und Kohlenkonglomerate, sondern auch Tochterindustrien, die ganz (Autos, Flugzeuge) oder teilweise (Chemikalien, Dünger, Ackerbau) von ihnen abhängen. Diese Abhängigkeit hat zur Folge, daß die einzelnen Länder bis zum Äußersten gehen, um sich ihre Vorratsquellen zu erhalten. So stellten fossile Brennstoffe wichtige Faktoren für die Durchführung der beiden Weltkriege dar. Der japanische Angriff auf Pearl Harbor zu Beginn des Zweiten Weltkriegs wurde mit der Begründung gerechtfertigt, Japan müsse seine Ölquellen schützen. Und wie uns zum Beispiel der Golfkrieg von 1991 lehrt, sind fossile Brennstoffe nach wie vor von hoher politischer und militärischer Bedeutung. Etwa 30 Prozent aller US-Ölimporte stammen aus dem Persischen Golf. In manchen Monaten wird über die Hälfte des amerikanischen Ölbedarfs durch Importe befriedigt. Mehr als die Hälfte der Zahlungsdefizite der US-Handelsbilanz beruht auf dem Ölimport. Die USA geben über eine Milliarde Dollar pro Woche für Öllieferungen aus anderen Ländern aus. Japans Ölimportrechnung ist etwa genauso hoch. China – mit seiner aufkommenden Verbrauchernachfrage nach

Autos – wird das gleiche Niveau vielleicht zu Beginn des 21. Jahrhunderts erreichen. Ähnliche Zahlen gelten für Westeuropa. Wirtschaftswissenschaftler ersinnen Szenarien, in denen steigende Ölpreise zu Inflation, höheren Zinssätzen, geringeren Investitionen in neue Industrien, weniger Arbeitsplätzen und wirtschaftlicher Rezession führen. Dazu wird es vielleicht nicht kommen, aber es sind doch mögliche Folgen unserer Abhängigkeit vom Öl. Das Öl treibt die Nationen zu einer Politik, die sie sonst vielleicht für skrupellos oder tollkühn halten würden. Man denke zum Beispiel an den folgenden Kommentar von 1990, in dem der vielgelesene Kolumnist Jack Anderson eine weitverbreitete Ansicht zum Ausdruck brachte: »So unpopulär der Gedanke auch ist – die USA müssen weiterhin die Rolle des Weltpolizisten übernehmen. Aus reiner Selbsterhaltung brauchen die Amerikaner, was die Welt hat – das Öl liegt dabei an erster Stelle.« Laut Bob Dole, dem damaligen Minderheitsführer im Senat, kam es zum Golfkrieg – der das Leben von über 200.000 jungen Amerikanerinnen und Amerikanern aufs Spiel setzte -»aus einem einzigen Grund: Öl«.

Während ich dies schreibe, betragen die nominellen Kosten von Rohöl fast 20 Dollar pro Barrel, während die vermuteten oder »nachgewiesenen« Erdölreserven der Welt fast eine Billion Barrel ausmachen. 20 Billionen Dollar entsprechen dem Vierfachen der Staatsschulden der USA, den höchsten der Welt. Wirklich schwarzes Gold.

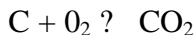
Die globale Erdölproduktion beträgt etwa 20 Milliarden Barrel pro Jahr, so daß wir jedes Jahr etwa

zwei Prozent der nachgewiesenen Reserven verbrauchen. Vielleicht glauben Sie nun, daß wir schon ziemlich bald auf dem Trockenen sitzen werden, möglicherweise im Laufe der nächsten 50 Jahre. Aber wir entdecken immer wieder neue Reserven. Frühere Prognosen, daß uns zu einem bestimmten Zeitpunkt das Erdöl ausgehen werde, haben sich stets als unbegründet erwiesen. Gewiß, es gibt nur eine endliche Menge von Öl, Gas und Kohle auf der Welt. Und es gab nur eine begrenzte Zahl jener uralten Organismen, die uns ihre Körper für unseren Komfort und unsere Bequemlichkeit hinterlassen haben. Aber es ist eher unwahrscheinlich, daß uns die fossilen Brennstoffe schon bald ausgehen werden. Das Problem ist nur, daß es immer teurer wird, neue, bislang unerschlossene Reserven zu finden, und wenn die Ölpreise rasch steigen, kann die Weltwirtschaft das große Flattern bekommen. Darüber hinaus würden manche Länder auch Krieg führen, um sich den Rohstoff zu sichern. Und dann sind da natürlich noch die Kosten für die Umwelt.

Der Preis, den wir für fossile Brennstoffe bezahlen, läßt sich nicht nur in Geld bemessen. Die »satanischen Fabriken« im England der frühen Industriellen Revolution hatten die Luft verschmutzt und zu epidemischen Erkrankungen der Atemwege geführt. Die »Waschküchennebel« von London, die uns aus den Verfilmungen der Abenteuer von Sherlock Holmes und Watson, Dr. Jekyll und Mr. Hyde, Jack the Ripper und seinen Opfern so vertraut sind, waren eine tödliche Luftverschmutzung durch die Haushalte und Industrien – großenteils aufgrund der Verbrennung von Kohle. Heutzutage kommen die

Autoabgase hinzu, und unsere Großstädte werden von Smog heimgesucht – was sich nachteilig auf die Gesundheit, Zufriedenheit und Produktivität genau der Menschen auswirkt, die die Schadstoffe erzeugen. Wir kennen auch den sauren Regen und die ökologischen Katastrophen, die durch auslaufendes Öl bewirkt werden. Aber nach der vorherrschenden Meinung werden diese Nachteile für die Gesundheit und die Umwelt durch die Vorteile, die fossile Brennstoffe mit sich bringen, mehr als aufgewogen.

Mittlerweile allerdings werden sich die Regierungen und die Menschen auf der Erde allmählich einer weiteren gefährlichen Folge der Verbrennung fossiler Brennstoffe bewußt: Wenn ich ein Stück Kohle oder einen Liter Benzin oder einen Kubikmeter Erdgas verbrenne, Sorge ich dafür, daß sich der Kohlenstoff im fossilen Brennstoff mit dem Sauerstoff in der Luft verbindet. Diese chemische Reaktion setzt eine Energie frei, die vielleicht 200 Millionen Jahre lang verschlossen war. Aber indem ich ein Kohlenstoffatom, C, mit einem Sauerstoffmolekül, O_2 , verbinde, stelle ich auch synthetisch ein Kohlendioxidmolekül, CO_2 , her:



Und CO_2 ist ein Treibhausgas.

Was entscheidet über die Durchschnittstemperatur auf der Erde, über das planetarische Klima? Die Menge der Wärme, die aus dem Zentrum der Erde aufsteigt, ist zu vernachlässigen, verglichen mit der Menge, die von der Sonne auf die Erdoberfläche fällt.

Ja, wenn die Sonne abgeschaltet werden würde, dann würde die Temperatur der Erde so weit sinken, daß die Luft zu Eis gefrieren würde und der Planet von einer zehn Meter dicken Schicht aus Stickstoff und Sauerstoff bedeckt wäre. Nun wissen wir ja, wieviel Sonnenlicht auf die Erde fällt und sie erwärmt. Können wir dann nicht errechnen, wie hoch die Durchschnittstemperatur auf der Erdoberfläche sein sollte? Das ist eine einfache Rechnung, die man bereits in astronomischen und meteorologischen Grundkursen erlernt – ein weiteres Beispiel für die Macht und Schönheit der Qualifikation.

Die von der Erde absorbierte Menge Sonnenlicht muß im Durchschnitt der ins Weltall zurückgestrahlten Energiemenge entsprechen. Normalerweise gehen wir nicht davon aus, daß die Erde ins Weltall zurückstrahlt, und wenn wir nachts über sie hinwegfliegen, sehen wir sie nicht im Dunkeln leuchten (abgesehen von den Städten). Aber das liegt daran, daß wir nur bei gewöhnlichem sichtbarem Licht sehen, für das unsere Augen empfindlich sind. Wenn wir jenseits des roten Lichts in den sogenannten thermalen Infrarotbereich des Spektrums hineinschauen könnten – zum Beispiel bis zur zwanzigfachen Wellenlänge des gelben Lichts –, würden wir sehen, wie die Erde in ihrem eigenen geisterhaften, kühlen infraroten Licht leuchtet, und zwar in der Sahara stärker als in der Antarktis, tagsüber mehr als nachts. Was da leuchtet, ist nicht das von der Erde reflektierte Sonnenlicht, sondern die eigene Körperwärme des Planeten. Je mehr Energie von der Sonne hereinfällt, desto mehr strahlt die Erde ins Weltall zurück. Je heißer die Erde, desto stärker

leuchtet sie im Dunkeln.

Wieviel auf die Erde fällt, um sie zu erwärmen, hängt davon ab, wie hell die Sonne ist und wie stark die Erde reflektiert. Was nicht ins Weltall zurückgeworfen wird, wird vom Boden, den Wolken und der Luft absorbiert. Wäre die Erde absolut glänzend und widerspiegelnd, würde sie durch das einfallende Sonnenlicht überhaupt nicht erwärmt. Das reflektierte Sonnenlicht liegt natürlich hauptsächlich im sichtbaren Teil des Spektrums. Setzen wir also den Input (der davon abhängt, wieviel Sonnenlicht die Erde absorbiert) dem Output gleich (der von der Temperatur auf der Erde abhängt), rechnen beide Seiten der Gleichung aus, und schon haben wir die vorhergesagte Temperatur der Erde. Ein Kinderspiel! Leichter geht's nicht! Und wie lautet die Antwort?

Unsere Rechnung sagt uns, daß die Durchschnittstemperatur der Erde etwa 20 Grad unter dem Gefrierpunkt von Wasser liegen sollte. Die Ozeane müßten Eisblöcke, und wir alle müßten steifgefroren sein. Die Erde sollte für fast alle Formen von Leben unwirtlich sein. Was stimmt an der Rechnung nicht? Haben wir einen Fehler gemacht?

Eigentlich nicht. Wir haben nur etwas ausgelassen: den Treibhauseffekt. Wir haben stillschweigend angenommen, daß die Erde keine Atmosphäre hat. Während die Luft bei gewöhnlichen sichtbaren Wellenlängen durchsichtig ist (außer in Orten wie Denver und Los Angeles), ist sie viel weniger durchlässig im thermalen Infrarotbereich des Spektrums, in dem die Erde ins Weltall abstrahlen möchte. Und damit haben wir den ganzen Unterschied. Einige der Gase in der Luft – Kohlendioxid,

Wasserdampf, einige Stickstoffoxide, Methan, Chlorfluorkohlenstoffe – absorbieren zufällig stark im Infrarotbereich, auch wenn sie im sichtbaren Bereich völlig durchsichtig sind. Wenn man eine Schicht von diesen Gasen über die Erdoberfläche legte, dann gelangte das Sonnenlicht immer noch hindurch. Aber wenn die Oberfläche ins Weltall abzustrahlen versuchte, würde das durch diese Decke aus infraroten absorbierenden Gasen verhindert. Sie ist im sichtbaren Bereich transparent, im infraroten Bereich halbdurchlässig. Infolgedessen muß die Erde sich etwas erwärmen, um das Gleichgewicht zwischen dem einfallenden Sonnenlicht und der austretenden Infrarotstrahlung herzustellen. Wenn wir errechnen, wie undurchlässig diese Gase im Infrarotbereich sind, wieviel Körperwärme der Erde sie abfangen, dann erhalten wir die richtige Antwort. Wir erfahren, daß die Erdoberfläche im Durchschnitt – der Jahreszeiten, der Breite und der Tageszeit – eine Temperatur von rund 13 Grad über Null haben muß. Daher gefrieren die Ozeane nicht, und daher ist das Klima für unsere Spezies und unsere Zivilisation so angenehm. Unser Leben hängt von einem empfindlichen Gleichgewicht unsichtbarer Gase ab, die geringfügige Komponenten der Erdatmosphäre sind. Ein bescheidener Treibhauseffekt ist eine gute Sache. Aber wenn man mehr Treibhausgase hinzufügt – wie wir das seit dem Beginn der industriellen Revolution praktizieren –, wird mehr infrarote Strahlung absorbiert. Damit wird jene Decke dicker und die Erde weiter erwärmt.

Der Öffentlichkeit und den Politikern mag all das ein wenig abstrakt vorkommen – unsichtbare Gase, Infrarotdecken, Berechnungen von Physikern. Wenn

schon schwierige Entscheidungen über Geldausgaben zu treffen sind, brauchen wir dann nicht ein wenig mehr Beweise dafür, daß es tatsächlich einen Treibhauseffekt gibt und daß eine Überdosis gefährlich sein kann? Freundlicherweise hält die Natur mit der Beschaffenheit unseres Nachbarplaneten ein warnendes Beispiel bereit. Der Planet Venus ist der Sonne zwar nur ein wenig näher als die Erde, aber seine zusammenhängende Wolkendecke ist so hell, daß er tatsächlich weniger Sonnenlicht absorbiert als sie. Wenn man einmal vom Treibhauseffekt absieht, müßte seine Oberfläche eigentlich kühler als die unseres Planeten sein. Die Venus besitzt ziemlich genau die Größe und Masse der Erde, und aus alldem könnten wir naiverweise schließen, daß er eine angenehme, erdähnliche Umwelt haben müsse, die bestens für den Tourismus geeignet sei. Doch wenn man eine Raumsonde durch die Wolken schickt – die übrigens größtenteils aus Schwefelsäure bestehen –, wie dies die Sowjetunion seinerzeit mit ihren Forschungssonden der *Verena-Reihe* tat, würde man eine extrem dichte Atmosphäre antreffen, die sich größtenteils aus Kohlendioxid zusammensetzt, während der Luftdruck auf der Oberfläche neunzigmal höher ist als auf der Erde. Wenn man nun ein Thermometer hinaushält, was damals ebenfalls geschah, entdeckt man, daß die Temperatur bei rund 470 Grad liegt – und das ist heiß genug, um Zinn oder Blei zu schmelzen. Diese Oberflächentemperaturen, die höher sind als in den heißesten Haushaltsbacköfen, beruhen auf dem Treibhauseffekt, der größtenteils durch die dicke Kohlendioxidatmosphäre hervorgerufen wird.

Außerdem gibt es noch kleine Mengen von Wasserdampf und anderen Gasen, die Infrarotlicht absorbieren. Die Venus ist ein praktischer Beweis dafür, daß eine Zunahme der reichlich vorhandenen Treibhausgase unangenehme Folgen haben kann. Mit diesem Argument kann man wunderbar ideologisch motivierte Talkshowmaster beeindrucken, die hartnäckig behaupten, der Treibhauseffekt sei ein »Schwindel«.

Da immer mehr Menschen auf der Erde leben werden und unsere Technik immer weiter fortschreiten wird, pumpen wir immer mehr Infrarotlicht absorbierende Gase in die Atmosphäre. Es gibt zwar natürliche Mechanismen, die diese Gase der Luft entziehen, aber wir produzieren sie in einem derartigen Ausmaß, daß wir die Beseitigungsmechanismen überwinden. Vom Verbrennen fossiler Brennstoffe bis hin zur Zerstörung von Wäldern (Bäume beseitigen CO_2 und wandeln es in Holz um) sind wir Menschen für einen alljährlichen Ausstoß von etwa sieben Milliarden Tonnen Kohlendioxid in die Luft verantwortlich. Das Diagramm auf Seite 142 zeigt die allmähliche Zunahme von Kohlendioxid in der Erdatmosphäre. Die Daten stammen aus dem Atmosphärenobservatorium von Mauna Loa auf Hawaii. Diese Insel ist nicht stark industrialisiert und kein Ort, an dem ausgedehnte Wälder abgebrannt werden (und damit mehr CO_2 in die Luft gelangen lassen). Die über Hawaii im Laufe der Zeit festgestellte Zunahme von Kohlendioxid stammt aus weltweiten Aktivitäten. Das Kohlendioxid wird einfach von der allgemeinen Zirkulation der

Atmosphäre um die ganze Erde transportiert – auch nach Hawaii. Wie Sie sehen können, gibt es jedes Jahr einen Anstieg und einen Rückgang von Kohlendioxid. Das liegt an den Laubbäumen, die im Sommer, wenn sie Laub tragen, der Atmosphäre CO_2 entziehen, aber nicht im Winter, wenn sie ihr Laub verloren haben. Doch diese jährliche Schwankung wird von einem langfristigen Zunahmetrend überlagert, der absolut eindeutig ist. Das Mischungsverhältnis von CO_2 hat mittlerweile 350 Teile auf eine Million Teile überschritten – und das ist höher, als es jemals gewesen ist, seit es Menschen auf der Erde gibt. Die CFK-Zuwachsraten sind zwar am größten – etwa um fünf Prozent pro Jahr –, und zwar aufgrund des weltweiten Wachstums der CFK-Industrie, aber inzwischen sind sie langsam rückläufig.* Andere Treibhausgase, zum Beispiel Methan, nehmen infolge wachsender Landwirtschaft und Industrie ebenfalls zu. Nun, wenn wir wissen, um wieviel die Treibhausgase in der Atmosphäre zunehmen, und wenn wir angeblich verstehen, wie stark die sich daraus ergebende Infrarotverdichtung ist, sollten wir dann nicht in der Lage sein, den Temperaturanstieg in den letzten Jahrzehnten als Folge der Zunahme von CO_2 und anderen Gasen zu errechnen? Ja, das können wir durchaus. Aber wir müssen vorsichtig sein. Wir müssen dabei bedenken, daß die Sonne einen Elfjahreszyklus durchläuft und daß sich die Energiemenge, die sie ausstößt, im Laufe dieses Zyklus ein wenig ändert. Wir müssen daran denken,

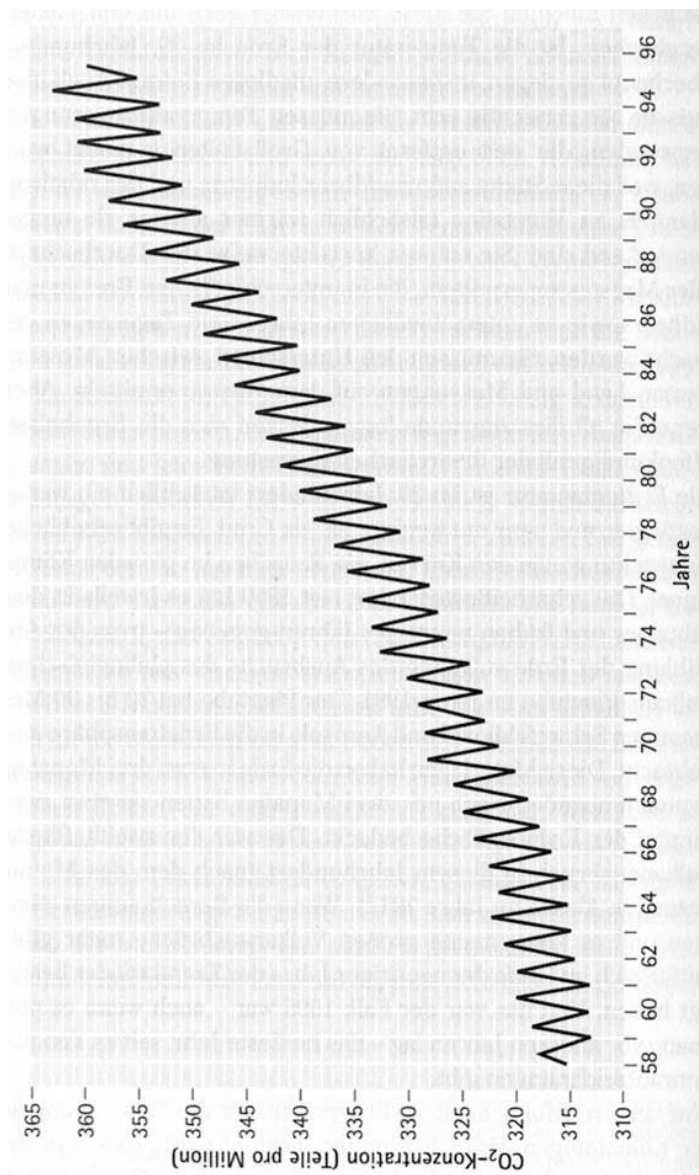
* Es sei hier noch einmal daraufhingewiesen, daß eine gewisse Verwirrung im Hinblick auf diese beiden ganz unterschiedlichen Umweltfolgen herrscht, weil die CFKs sowohl die Ozonschicht ausdünnen als auch zur globalen Erwärmung beitragen.

daß Vulkane gelegentlich ihre Kappen absprengen und feine Schwefelsäuretröpfchen in die Stratosphäre hinaufjagen, wodurch mehr Sonnenlicht ins Weltall zurückgeworfen wird und sich die Erde ein bißchen abkühlt. Ein größerer Ausbruch, so hat man errechnet, kann die Welttemperatur für ein paar Jahre um fast ein Grad abkühlen. Wir müssen ferner bedenken, daß es in den tieferen Atmosphäreschichten eine Dunstglocke aus winzigen schwefelhaltigen Teilchen aus dem Rauch von Industrieschornsteinen gibt, die – so schädlich sie auch für die Menschen auf dem Boden ist – ebenfalls die Erde abkühlt, genauso wie windverfrachteter Mineralienstaub von aufgewühlten Böden, der eine ähnliche Wirkung hat. Wenn Sie all diese und viele weitere Faktoren berücksichtigen, wenn Sie nach den neuesten Erkenntnissen vorgehen, gelangen Sie zu folgender Schlußfolgerung: Im Laufe des 20. Jahrhunderts müßte aufgrund der Verbrennung von fossilen Brennstoffen die Durchschnittstemperatur der Erde um ein paar Zehntel Grad gestiegen sein.

Natürlich möchten Sie diese Vorhersage gern mit den Fakten vergleichen. Ist die Temperatur der Erde im 20. Jahrhundert überhaupt gestiegen, insbesondere um diesen Betrag? Auch hier müssen Sie vorsichtig sein. Sie müssen Temperaturmessungen verwenden, die weit entfernt von Großstädten gemacht wurden, weil diese Städte aufgrund ihrer Industrie und des relativen Mangels an Vegetation tatsächlich wärmer als das sie umgebende Land sind. Sie müssen korrekterweise den Durchschnitt aller Messungen ermitteln, die in unterschiedlichen Breiten und Höhen sowie zu unterschiedlichen Jahres- und Tageszeiten

gemacht wurden. Sie müssen den Unterschied zwischen Messungen an Land und Messungen auf dem Wasser ermitteln. Aber wenn Sie all dies zugrunde legen, decken sich die Ergebnisse offenkundig mit der theoretischen Erwartung. Die Erdtemperatur ist im 20. Jahrhundert tatsächlich ein wenig gestiegen, und zwar um weniger als ein Grad. Es gibt erhebliche Schwankungen in den Kurven, ein Rauschen im globalen Klimasignal. Die zehn heißesten Jahre seit 1960 hat es jeweils in den achtziger und frühen neunziger Jahren gegeben – trotz der Abkühlung der Erde aufgrund des Ausbruchs des philippinischen Vulkans Pinatubo im Jahre 1991. Der Pinatubo hat 20 bis 30 Megatonnen Schwefeldioxid und Aerosole in die Erdatmosphäre eingebracht. Diese Materialien haben die Erde in etwa drei Monaten einmal umrundet. Nach nur zwei Monaten hatten sie etwa zwei Fünftel der Erdoberfläche bedeckt. Das war der zweitheftigste Vulkanausbruch in diesem Jahrhundert (nach dem des Mount Katmai in Alaska im Jahre 1912). Wenn die Berechnungen stimmen und es keine neuen großen Vulkanausbrüche mehr gibt, müßte sich im Laufe der neunziger Jahre der Trend wieder bestätigt haben. Und das war der Fall: 1995 war – auch wenn es nur knapp vor anderen Jahren lag – das heißeste Jahr, seit es Temperaturaufzeichnungen gibt.

Eine andere Möglichkeit zu überprüfen, ob die Berechnungen der Klimatologen wirklich stimmen, besteht darin, daß man sie auffordert, rückwirkend Vorhersagen zu machen. Die Erde hat ein Eiszeitalter



durchlaufen. Die Temperaturschwankungen in der Vergangenheit lassen sich messen. Können also die Klimatologen die Klimate der Vergangenheit vorhersagen (oder besser: im nachhinein bestätigen)?

Wichtige Befunde über die Klimageschichte der Erde haben sich aus dem Studium von Eiskernen aus den Eiskappen Grönlands und der Antarktis ergeben. Die Technik für diese Bohrungen stammt direkt aus der Erdölindustrie – auf diese Weise haben diejenigen, die verantwortlich für den Abbau fossiler Brennstoffe aus der Erde sind, auch einen bedeutsamen Beitrag zur Klärung der Gefahren geleistet, die aus ihrer Tätigkeit resultieren. Die minutiöse physikalische und chemische Untersuchung dieser Kerne enthüllt, daß die Temperatur der Erde und die Menge des CO₂ in der Atmosphäre zusammen ansteigen und zurückgehen: je mehr CO₂, desto wärmer die Erde. Mit Hilfe der gleichen Computermodelle, die zum Verständnis der globalen Temperaturtrends der letzten paar Jahrzehnte verwendet wurden, läßt sich auch korrekt das Eiszeitklima aus Schwankungen bei Treibhausgasen in früheren Zeiten im nachhinein bestätigen. Natürlich behauptet niemand, daß es voreiszeitliche Zivilisationen gegeben habe, in denen die Menschen treibstofffressende Autos gefahren und riesige Mengen von Treibhausgasen in die Atmosphäre entlassen hätten. Eine gewisse Schwankung im CO₂-Gehalt tritt auf natürliche Weise auf.

In den letzten paar 100.000 Jahren hat die Erde mehrere Eiszeiten durchgemacht. Vor 20.000 Jahren lag Chicago unter einer Meile Eis. Heute befinden wir

uns in einer Zwischeneiszeit, einem sogenannten Interglazial. Der charakteristische Temperaturunterschied für die ganze Welt zwischen einer Eiszeit und einem Interglazial beträgt nur zwischen drei und sechs Grad. Das müßte eigentlich sofort die Alarmglocken schrillen lassen: Eine Temperaturänderung von nur ein paar Grad kann also ernste Gefahren mit sich bringen.

Nachdem sie ihr Rüstzeug auf diese Weise geeicht haben, können die Klimatologen nun vorherzusagen versuchen, wie das künftige Klima auf der Erde sein könnte, wenn wir weiterhin fossile Brennstoffe verbrennen und in diesem Wahnsinnstempo Treibhausgase in die Atmosphäre pumpen. Verschiedene Expertengruppen – moderne Pendants zum Orakel von Delphi – haben mit Hilfe von Computermodellen errechnet, wie stark die Welttemperatur ansteigt, wenn sich die Menge des Kohlendioxids in der Atmosphäre etwa verdoppelt, was bei der gegenwärtigen Verbrennungsrate fossiler Brennstoffe am Ende des 21. Jahrhunderts der Fall sein wird. Die Hauptorakel sind das Geophysical Fluid Dynamics Laboratory der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) in Princeton, das Goddard Institute of Space Studies of NASA in New York, das National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado, das Department of Energy's Lawrence Livermore National Laboratory in Kalifornien, die Oregon State University, das Hadley Center for Climate Prediction and Research in England und das Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Sie alle sagen voraus, daß der Temperaturanstieg zwischen etwa einem und vier

Grad betragen wird.

Das ist eine schnellere Klimaveränderung als jede andere, die seit dem Entstehen der Zivilisation beobachtet wurde. Angesichts dieser Entwicklung könnten vielleicht die hochentwickelten Industriestaaten imstande sein, sich den veränderten Umständen anzupassen. Doch schlimmstenfalls würde sich die Klimakarte der Erde dramatisch verändern, und die Folgen könnten für reiche wie arme Länder katastrophal sein. Auf unserem Planeten haben wir heute schon Wälder und wildlebende Tiere größtenteils auf isolierte, nicht aneinandergrenzende Gebiete beschränkt. Sie werden nicht ohne weiteres versetzt werden können, wenn sich das Klima verändert. Die Vernichtung der Arten wird sich erheblich beschleunigen. Eine gewaltige Umsiedlung von Menschen und die Erschließung neuer landwirtschaftlicher Gebiete wird nötig sein.

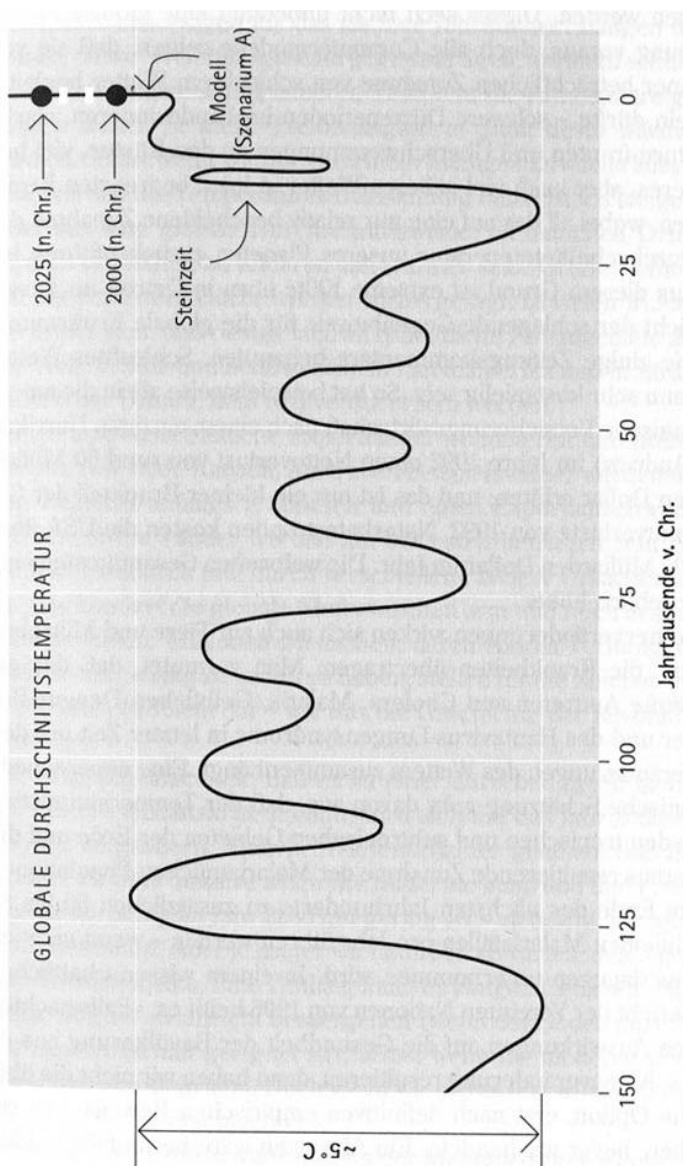
Keine der oben erwähnten Gruppen behauptet, daß die Verdopplung des Kohlendioxidgehalts der Atmosphäre die Erde abkühlen wird. Keine behauptet, daß sich die Erde um Dutzende oder Hunderte Grade erwärmen wird. Wir haben eine Chance, die vielen alten Griechen verwehrt war: Wir können zu einer ganzen Reihe von Orakeln gehen und ihre Prophezeiungen miteinander vergleichen. Sie sagen alle mehr oder weniger das gleiche. Ja, die Antworten stimmen größtenteils mit den ältesten Orakeln zu diesem Thema überein – und dazu gehörte auch der schwedische Nobelpreisträger für Chemie, Svante Arrhenius, der schon um die Jahrhundertwende eine ähnliche Vorhersage machte, natürlich mit Hilfe eines viel weniger hoch entwickelten Wissens über die

Infrarotabsorption von Kohlendioxid und die Eigenschaften der Erdatmosphäre. Die von all diesen Gruppen angewendeten physikalischen Methoden sagen korrekt die gegenwärtige Temperatur der Erde voraus, ebenso wie die Treibhauseffekte auf anderen Planeten wie Venus. Natürlich kann es einen simplen Fehler geben, den jeder übersehen hat. Aber ganz sicher verdienen es diese übereinstimmenden Prophezeiungen, sehr ernst genommen zu werden.

Und es gibt noch andere beunruhigende Zeichen. Norwegische Forscher berichten von einem Rückgang der arktischen Eisschicht seit 1978. Zur gleichen Zeit sind riesige Spalten im Wordie-Inlandeis in der Antarktis festgestellt worden. Im Januar 1995 brach ein 4200 Quadratkilometer großes Stück des Larsen-Eisschelfs ab und versank im Antarktischen Ozean. Überall auf der Erde ziehen sich die Gebirgsgletscher erheblich zurück. Extreme Wetterlagen nehmen in vielen Teilen der Welt zu. Der Meeresspiegel steigt ständig an. Keiner dieser Trends ist an sich ein zwingender Beweis dafür, daß die Aktivitäten unserer Zivilisation und nicht natürliche Schwankungen daran schuld sind. Aber zusammengekommen sind sie sehr besorgniserregend. Immer mehr Klimaspezialisten gelangen zu dem Schluß, daß die »Signatur« der von Menschen gemachten globalen Erwärmung entdeckt sei. Vertreter der 25.000 Wissenschaftler des Intergovernmental Panel on Climate Change haben nach einer umfangreichen Untersuchung im Jahre 1995 erklärt: »Nach Abwägen sämtlicher Hinweise deutet alles darauf hin, daß es einen erkennbaren Einfluß des Menschen auf das Klima gibt.« Dieses Beweismaterial sei zwar noch nicht »über jeden

vernünftigen Zweifel erhaben«, meint Michael MacCracken, der Direktor des amerikanischen Global Change Research Program, aber doch »ziemlich zwingend«. Die beobachtete Erwärmung »ist wahrscheinlich nicht durch natürliche Schwankungen verursacht«, erklärt Thomas Karl vom National Climatic Data Center der USA. »Die Chance, daß wir uns nicht täuschen, beträgt 90 bis 95 Prozent.«

Das folgende Diagramm umfaßt einen sehr großen historischen Zeitraum. Er beginnt auf der linken Seite vor 150.000 Jahren – wir haben Steinäxte und sind wirklich zufrieden, daß wir das Feuer gezähmt haben. Die globalen Temperaturen schwanken im Laufe der Jahrtausende, zwischen harten Eiszeiten und Zwischeneiszeiten. Die Amplitude dieser Schwankungen zwischen den kältesten und den wärmsten Werten beträgt etwa fünf Grad. Die Kurve windet sich so dahin, und nach der letzten Eiszeit bekommen wir allmählich Bogen und Pfeile, Haustiere, den Ackerbau, ein seßhaftes Leben, Waffen aus Metall, Großstädte, Polizeikräfte, Steuern, ein exponentielles Bevölkerungswachstum, die industrielle Revolution und Atomwaffen – letztere sind erst am äußersten rechten Rand der durchgehenden Kurve aufgekommen. Dann gelangen wir zur Gegenwart, dem Ende der durchgehenden Linie. Die gestrichelte Linie zeigt einige Projektionen dessen, was uns aufgrund der Treibhauserwärmung bevorsteht. Dieses Diagramm macht hinreichend klar, daß die Temperaturen, die wir zur Zeit haben (oder in Kürze haben werden, wenn die gegenwärtigen Trends anhalten), nicht nur die wärmsten im letzten *Jahrhundert*, sondern in den letzten *150.000 Jahren*



sind. Auch dies ist ein Maßstab für die Größenordnung der globalen Veränderungen, die wir Menschen bewirken und die es so noch nie gegeben hat.

Die globale Erwärmung sorgt nicht an sich für schlechtes Wetter. Aber sie erhöht die Chancen, daß wir schlechtes Wetter bekommen werden. Dieses setzt nicht unbedingt eine globale Erwärmung voraus, doch alle Computermodelle zeigen, daß sie von einer beträchtlichen Zunahme von schlechtem Wetter begleitet sein dürfte – schwere Dürreperioden im Landesinneren, starke Sturmfronten und Überschwemmungen an den Küsten, viel heißeres, aber auch viel kälteres Wetter in lokal begrenzten Regionen, wobei all das auf eine nur relativ bescheidene Zunahme der Durchschnittstemperatur unseres Planeten zurückzuführen ist. Aus diesem Grund ist extreme Kälte etwa in Detroit im Januar nicht der schlagende Gegenbeweis für die globale Erwärmung, wie einige Zeitungskommentare behaupten. Schlechtes Wetter kann sehr kostspielig sein. So hat beispielsweise allein die amerikanische Versicherungswirtschaft nach einem einzigen Hurrikan (Andrew) im Jahre 1992 einen Nettoverlust von rund 50 Milliarden Dollar erlitten, und das ist nur ein kleiner Bruchteil der Gesamtverluste von 1992. Naturkatastrophen kosten die USA über 100 Milliarden Dollar im Jahr. Die weltweiten Gesamtkosten sind erheblich höher.

Wetter Veränderungen wirken sich auch auf Tiere und Mikroben aus, die Krankheiten übertragen. Man vermutet, daß das gehäufte Auftreten von Cholera, Malaria, Gelbfieber, Dengue-Fieber und des

Hantavirus-Lungensyndroms in letzter Zeit mit den Veränderungen des Wetters zusammenhängt. Eine neuere medizinische Schätzung geht davon aus, daß der Temperaturanstieg in den tropischen und subtropischen Gebieten der Erde und die daraus resultierende Zunahme der Malaria­mücken-Populationen am Ende des nächsten Jahrhunderts zu zusätzlichen 50 bis 80 Millionen Malariafällen pro Jahr führen werden – wenn nicht etwas dagegen unternommen wird. In einem wissenschaftlichen Bericht der Vereinten Nationen von 1996 heißt es: »Falls nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung aus einer Klimaveränderung resultieren, dann haben wir nicht die übliche Option, erst nach definitiven empirischen Beweisen zu suchen, bevor wir handeln. Ein Abwarten wäre bestenfalls unklug und schlimmstenfalls unsinnig.«

Die Klimavorhersagen für das nächste Jahrhundert hängen davon ab, ob wir Treibhausgase im gegenwärtigen, in einem schnelleren oder in einem langsameren Tempo in die Atmosphäre gelangen lassen. Je mehr Treibhausgase es sind, desto wärmer wird es. Selbst wenn wir nur von einem mäßigen Zuwachs ausgehen, werden die Temperaturen offenkundig beträchtlich steigen. Aber das sind globale Durchschnittswerte; an manchen Orten wird es viel kälter, an anderen viel wärmer sein. Große Gebiete mit zunehmender Dürre werden vorhergesagt. In vielen Modellen ergibt sich, daß riesige landwirtschaftliche Anbaugelände auf der Welt, in Süd- und Südostasien, in Lateinamerika und in Afrika südlich der Sahara, heiß und verdorrt sein werden. Einige landwirtschaftliche Exportländer in mittleren

und hohen Breiten (die USA, Kanada, Australien beispielsweise) werden davon vielleicht anfangs profitieren und einen Exportaufschwung erleben. Arme Länder werden am härtesten betroffen sein. So kann sich dadurch und durch verschiedene andere Ursachen im 21. Jahrhundert die globale Kluft zwischen arm und reich dramatisch vertiefen. Millionen Menschen, deren Kinder verhungern und die sehr wenig zu verlieren haben, stellen für die Reichen ein ernsthaftes Problem dar – wie uns die Geschichte der Revolutionen lehrt.

Die Wahrscheinlichkeit, daß es zu einer dürrbedingten globalen Landwirtschaftskrise kommt, wird sich um das Jahr 2050 erheblich vergrößern. Manche Wissenschaftler glauben, daß die Chance für eine massive weltweite Mißernte aufgrund der Treibhauserwärmung im Jahr 2050 nur gering sei – vielleicht nur zehn Prozent beträgt. Aber je länger wir natürlich abwarten, desto größer wird das Risiko. Eine Zeitlang kann es einigen Gebieten – Kanada, Sibirien – vielleicht bessergehen (wenn der Boden dort für die Landwirtschaft geeignet ist), selbst wenn die niederen Breiten schlechter dran sind. Doch wenn wir nichts tun, wird sich das Klima weltweit verschlechtern.

Wenn sich die Erde erwärmt, steigt der Meeresspiegel. Am Ende des 21. Jahrhunderts kann er vielleicht um 10 bis 20 Zentimeter, ja vielleicht sogar um einen Meter gestiegen sein. Das rührt zum Teil daher, daß Meerwasser sich ausdehnt, wenn es sich erwärmt, und zum Teil liegt es daran, daß die Gletscher und das Polareis schmelzen. Irgendwann wird der Meeresspiegel noch mehr steigen. Niemand weiß, wann dies geschehen wird, aber schließlich

werden nach diesen Projektionen viele bewohnte Inseln in Polynesien, Melanesien und im Indischen Ozean ganz untergehen und von der Oberfläche der Erde verschwinden. Verständlicherweise hat sich eine Allianz kleiner Inselstaaten gebildet, die entschieden gegen eine weitere Zunahme der Treibhausgase eintreten. Verheerende Auswirkungen werden auch für Venedig, Bangkok, Alexandria, New Orleans, Miami, New York und ganz allgemein für die dichtbevölkerten Gebiete am Mississippi, Yangtse, Gelben Fluß, Rhein, an der Rhone, am Po, Nil, Indus, Ganges, Niger und Mekong vorhergesagt. Der Anstieg des Meeresspiegels wird allein in Bangladesch viele Millionen Menschen vertreiben. Es wird ein bisher nicht gekanntes Problem der Umweltflüchtlinge geben – wenn die Populationen wachsen, verschlechtern sich die Umweltverhältnisse, und die sozialen Systeme sehen sich zunehmend außerstande, mit den rapiden Veränderungen fertig zu werden. Und wo sollen diese Menschen hingehen? Ähnliche Probleme lassen sich für China vorhersagen. Wenn wir so weitermachen wie bisher, wird sich die Erde jedes Jahr mehr erwärmen; Dürre und Überschwemmungen werden endemisch sein; viele weitere Städte, Provinzen und ganze Länder werden in den Fluten versinken – sofern nicht weltweit heroische Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Auf lange Sicht kann es noch furchtbarere Folgen geben, etwa den Zusammenbruch des westantarktischen Inlandeises, das im Meer versinkt, was zu einem erheblichen globalen Anstieg des Meeresspiegels und zur Überflutung fast aller Küstenstädte auf dem Planeten führen würde.

Modelle der globalen Erwärmung weisen unterschiedliche Auswirkungen – beispielsweise auf die Temperatur, die Dürrephasen, das Wetter und den Anstieg des Meeresspiegels – auf, die sich in unterschiedlich langen Zeiträumen bemerkbar machen, von einigen Jahrzehnten bis zu ein oder zwei Jahrhunderten. Diese Folgen sind anscheinend so unangenehm und so aufwendig in den Griff zu bekommen, daß man sich ernsthaft bemüht, dieses Horrorszenario in Frage zu stellen. Hinter solchen Bestrebungen steckt zum Teil nichts weiter als die übliche wissenschaftliche Skepsis gegenüber allen neuen Ideen, zum Teil aber auch das Profitdenken der betroffenen Industrien. Ein entscheidendes Problem ist die Rückkopplung.

Im globalen Klimasystem sind positive und negative Rückkopplungen möglich. Positive Rückkopplungen sind gefährlich. Betrachten wir ein Beispiel für eine positive Rückkopplung: Die Temperatur steigt ein bißchen aufgrund des Treibhauseffekts, und darum schmilzt das Polareis ein wenig. Aber im Vergleich zum offenen Meer ist Polareis hell. Infolge dieses Schmelzens ist die Erde nun ein ganz klein wenig dunkler; und weil die Erde dunkler ist, absorbiert sie nun ein bißchen mehr Sonnenlicht, so daß sie sich stärker erwärmt, so daß ein wenig mehr Polareis schmilzt, und dieser Prozeß geht immer so weiter – vielleicht unaufhaltsam. Das ist eine positive Rückkopplung. Ein weiteres Beispiel: Ein wenig mehr CO₂ in der Luft erwärmt die Erdoberfläche samt den Ozeanen ein bißchen. Von den nunmehr wärmeren Ozeanen verdunstet ein wenig mehr Wasserdampf in die Atmosphäre. Wasserdampf ist aber auch ein

Treibhausgas, so daß er mehr Wärme zurückhält und die Temperatur ansteigt. Und dann gibt es die negativen Rückkopplungen. Sie sind homöostatisch. Die Erde wird beispielsweise ein wenig erwärmt, indem mehr Kohlendioxid in die Atmosphäre gelangt. Wie im vorherigen Beispiel wird dadurch der Atmosphäre mehr Wasserdampf zugeführt, aber dies erzeugt mehr Wolken. Wolken sind hell; sie reflektieren mehr Sonnenlicht in den Weltraum, und daher steht weniger Sonnenlicht zur Verfügung, um die Erde zu erwärmen. Der Temperaturanstieg bewirkt schließlich einen Temperaturrückgang. Eine andere Möglichkeit ist die folgende: In die Atmosphäre gelangt ein bißchen mehr Kohlendioxid.

Pflanzen mögen generell mehr Kohlendioxid, dann wachsen sie schneller, und indem sie schneller wachsen, entziehen sie der Luft mehr Kohlendioxid – was wiederum den Treibhauseffekt reduziert. Negative Rückkopplungen sind wie Thermostate im globalen Klima. Wenn sie aufgrund glücklicher Umstände sehr stark sein sollten, würde sich vielleicht die Erwärmung selbst begrenzen, und wir könnten uns den Luxus leisten, Kassandras Zuhörern nachzueifern, ohne deren Schicksal zu teilen. Die entscheidende Frage lautet: Wo landen wir, wenn wir alle positiven und alle negativen Rückkopplungen gegeneinander abwägen? Antwort: Niemand ist sich da absolut sicher. Die richtige Antwort geben retrospektive Versuche, die globale Erwärmung und Abkühlung während der Eiszeiten zu errechnen, als die Menge der Treibhausgase zu- und abnahm. Anders gesagt: Die Eichung der Computermodelle durch Abgleichung mit den historischen Daten wird

automatisch alle bekannten und unbekannten Rückkopplungsmechanismen in der natürlichen Klimamaschine berücksichtigen. Aber es könnte durchaus sein, daß neue Rückkopplungen auftreten, von denen wir bislang nichts wissen, wenn der Erde klimatische Systeme aufgenötigt werden, die es in den letzten 200.000 Jahren nicht gegeben hat. Zum Beispiel ist viel Methan in Sümpfen abgekapselt (was zuweilen die gespenstisch schönen tanzenden »Irrlichter« erzeugt). Es könnte in einem immer schnelleren Tempo aus diesen Sümpfen aufsteigen, wenn sich die Erde erwärmt. Dieses zusätzliche Methan erwärmt die Erde noch weiter, und so kommt es wieder zu einer positiven Rückkopplung.

Wallace Broecker von der Columbia University hat auf die sehr rasche Erwärmung um 10.000 v. Chr. hingewiesen, also kurz vor der Einführung der Landwirtschaft. Dieser Temperaturanstieg sei so steil gewesen, glaubt Broecker, daß er zu einer Instabilität im gekoppelten Meer-Atmosphäre-System geführt hat. Und daraus folge: Wenn man das Erdklima zu stark in die eine oder andere Richtung dränge, überquere man eine entscheidende Schwelle, es komme zu einem »Knall«, und das ganze System gehe durch, bis es wieder einen stabilen Zustand erreiche. Broecker vermutet, daß wir uns derzeit am Rande einer derartigen Instabilität befinden. Diese Überlegung macht alles nur noch schlimmer, vielleicht viel schlimmer.

Jedenfalls ist eins ziemlich klar: Je schneller sich das Klima verändert, desto schwieriger ist es für alle homöostatischen Systeme, sich darauf einzustellen und sich zu stabilisieren. Ich frage mich, ob wir nicht

eher unangenehme Rückkopplungen übersehen als tröstliche. Wir sind nun einmal nicht so schlau, alles vorhersagen zu können. Das ist ganz klar. Ich glaube, es ist unwahrscheinlich, daß die Summe all dessen, was wir nicht herausfinden können, uns retten wird. Vielleicht ist das ja möglich. Aber würden wir unser Leben darauf verwetten wollen?

Die Dynamik und die Bedeutung von Umweltproblemen spiegelt sich in den Konferenzen wissenschaftlicher Gesellschaften wider. Die American Geophysical Union beispielsweise ist die größte Organisation von Geowissenschaftlern auf der Welt. Bei ihrer Jahresversammlung 1993 gab es eine Sitzung über frühere Warmzeiten in der Erdgeschichte, mit einem Seitenblick auf die möglichen Folgen der globalen Erwärmung. Gleich in der ersten Erklärung heißt es warnend: »Weil künftige Erwärmungstrends sehr rasch sein werden, gibt es keine exakten Parallelen für eine Treibhauserwärmung im 21. Jahrhundert.« Vier Halbtagesitzungen waren der Ozonabnahme gewidmet, drei Sitzungen der Wolken-Klima-Rückkopplung. Weitere drei Sitzungen befaßten sich mit allgemeineren Untersuchungen der Klimate der Vergangenheit. J. D. Mahlman von der NOAA begann seinen Vortrag mit der Feststellung: »Die Entdeckung der beachtlichen antarktischen Ozonschwunde in den achtziger Jahren war ein Ereignis, das von niemandem vorhergesagt worden war.« Eine Erklärung des Byrd Polar Research Center an der Ohio State University enthält Beweise aus Eiskernen der westchinesischen und peruanischen

Gletscher hinsichtlich der jüngsten Erwärmung der Erde im Vergleich zu den Temperaturen der letzten 500 Jahre.

Wenn man bedenkt, wie zerstritten die wissenschaftliche Gemeinschaft ist, dann ist es doch beachtlich, daß kein einziges Referat behauptet, die Abnahme der Ozonschicht oder die globalen Erwärmungen seien Trugschlüsse und Wahnvorstellungen, oder es habe schon immer ein Loch in der Ozonschicht über der Antarktis gegeben, oder die globale Erwärmung werde erheblich geringer ausfallen als die geschätzten ein bis vier Grad bei einer Verdoppelung des Kohlendioxidgehalts. Eine hohe Belohnung wäre dem sicher, der herausfände, daß es keine Ozonabnahme gebe oder daß die globale Erwärmung unerheblich sei. Viele mächtige und reiche Industriekonzerne und Persönlichkeiten würden profitieren, wenn derartige Behauptungen wahr wären. Aber aus den Programmen wissenschaftlicher Konferenzen geht hervor, daß dies wahrscheinlich eine vergebliche Hoffnung ist.

Unsere technische Zivilisation stellt heute eine echte Gefahr für sich selbst dar. Auf der ganzen Welt beeinträchtigen fossile Brennstoffe gleichzeitig die Gesundheit der Atemwege, das Leben in den Wäldern, Seen, an den Küsten und in den Ozeanen sowie das Weltklima. Gewiß hat niemand absichtlich Schaden anrichten wollen. Die Kapitäne der Brennstoffindustrie haben einfach nur versucht, für sich und ihre Aktionäre Profite zu erwirtschaften, ein Produkt zu liefern, das alle wollten, und die militärische und wirtschaftliche Macht der Länder zu fördern, in denen sie gerade ihren Standort hatten.

Daß dies unabwendbar war, daß die Absichten gut waren, daß die meisten Menschen in der entwickelten Welt von der auf fossilen Brennstoffen basierenden Wirtschaft profitiert haben, daß viele Länder und viele Generationen zu dem Problem das ihre beigetragen haben – all diese Umstände verweisen darauf, daß es keinen Sinn macht, auf andere mit den Fingern zu zeigen. Nicht ein einzelnes Land, nicht eine Generation oder eine bestimmte Industrie hat uns in diesen Schlamassel gebracht, und kein einzelnes Land, keine ausgewählte Generation oder Industrie allein kann uns daraus wieder heraushelfen. Wenn wir die schlimmsten Folgen dieser Klimagefahr verhindern sollen, werden wir einfach zusammenarbeiten müssen, und zwar für lange Zeit. Das Haupthindernis ist natürlich die Trägheit, der Widerstand gegen jede Veränderung – ein riesiges, weltweites, miteinander verflochtenes Establishment von Industrie, Wirtschaft und Politik klammert sich an fossile Brennstoffe, wenn fossile Brennstoffe das Problem darstellen. Während sich die Beweise für eine ernst zu nehmende globale Erwärmung häufen, scheint in den USA jedenfalls der politische Wille, etwas dagegen zu tun, zu schwinden.

Wie entkommen wir der Falle?

»Für gewöhnlich wird niemand Angst haben, der glaubt, daß ihm nichts passieren könne... Furcht wird nur von denen empfunden, die annehmen, daß ihnen möglicherweise etwas geschehen könne... Doch die Menschen glauben dies nicht, solange sie in großem Wohlstand leben oder der Meinung sind, daß sie in großem Wohlstand leben. Aber wenn sie die Angst der Ungewißheit fühlen, muß es eine schwache Hoffnung auf einen Ausweg geben.«

Aristoteles (384-322 v. Chr.),
Rhetorik, 1382^b29

Was müssen wir tun? Weil das Kohlendioxid, das wir heute in die Atmosphäre gelangen lassen, dort jahrzehntelang bleiben wird, werden selbst intensivere Bemühungen um eine technische Selbstkontrolle erst in einer Generation zum Tragen kommen – auch wenn sich andere Gase, die zur globalen Erwärmung beitragen, rascher reduzieren lassen. Wir müssen zwischen einer kurzfristigen Reduzierung und langfristigen Lösungen unterscheiden, obwohl wir beides brauchen. Wir müssen anscheinend so rasch wie möglich eine neue Weltenergiewirtschaft einführen, die nicht annähernd so viele Treibhausgase und andere Schadstoffe erzeugt. Aber das wird

mindestens einige Jahrzehnte dauern, und bis dahin müssen wir den Schaden begrenzen und alles tun, damit das soziale und ökonomische Netz der Welt in der Übergangszeit so wenig wie möglich geschädigt wird und folglich auch nicht die Lebensstandards absinken. Die Frage ist nur, ob wir die Krise managen oder ob sie uns managt. Fast zwei von drei Amerikanern bezeichnen sich selbst als umweltbewußt – so eine Gallup-Erhebung von 1995 – und würden dem Schutz der Umwelt den Vorrang vor wirtschaftlichem Wachstum geben. Die meisten würden sich mit Steuererhöhungen abfinden, wenn sie dem Umweltschutz zugute kämen. Dennoch könnte es sein, daß all dies unmöglich ist – daß die Interessen der Industrie so stark sind und der Widerstand der Verbraucher so schwach ist, daß es zu einer deutlichen Abkehr vom Business as usual erst dann kommt, wenn es zu spät ist, oder daß der Übergang zu einer von fossilen Brennstoffen unabhängigen Zivilisation eine ohnehin fragile Weltwirtschaft zu sehr belastet und zu wirtschaftlichem Chaos führt. Gewiß, wir müssen mit aller Vorsicht zu Werke gehen. Wir haben die natürliche Neigung, die Dinge vor uns herzuschieben: Das ist ein unbekanntes Gebiet. Sollten wir nicht langsam vorgehen? Aber dann werfen wir einen Blick auf die Karten mit der voraussichtlichen Klimaveränderung und erkennen, daß wir die Dinge nicht vor uns herschieben können, daß es tollkühn wäre, zu langsam vorzugehen. Den größten CO₂-Ausstoß auf unserem Planeten verursachen die USA, den nächstgrößten Rußland und die anderen Republiken der ehemaligen Sowjetunion und den drittgrößten alle Entwicklungsländer

zusammen. Das ist eine sehr wichtige Tatsache: Hier liegt nicht nur ein Problem aller High-Tech-Länder vor, durch Brandrodungslandwirtschaft, das Verbrennen von Feuerholz und so weiter leisten auch die Entwicklungsländer einen wesentlichen Beitrag zur globalen Erwärmung. Und die Entwicklungsländer haben die höchste Bevölkerungswachstumsrate der Welt. Selbst wenn es ihnen nicht gelingt, einen Lebensstandard wie Japan, die Pazifikanrainerstaaten und der Westen zu erreichen, werden diese Länder einen stetig zunehmenden Teil des Problems darstellen. Die nächsten in der Reihenfolge der Verursacher sind Westeuropa, dann China und erst dann Japan, eines der effizientesten Verbraucherländer der Erde. Aber auch hier gilt: Da die globale Erwärmung weltweit verursacht wird, muß auch jede Lösung weltweit greifen.



DIE GLOBALE ERWÄRMUNG

*durch
Verbrennung
von Kohle,
Öl und Gas
kann Ihre
Umwelt
gefährden*

Das Ausmaß der Veränderungen, die nötig sind, um dieses Problem im Kern anzugehen, ist beinahe entmutigend – besonders für jene Politiker, die hauptsächlich daran interessiert sind, Dinge zu tun, die ihnen während ihrer Amtszeit zugute kommen. Wenn sich die erforderlichen Verbesserungsmaßnahmen in Zwei-, Vier- oder Sechsjahresprogrammen zusammenfassen ließen, wären die Politiker eher bereit, sie zu unterstützen, weil dann die politischen Profite zum Zeitpunkt der Wiederwahl anfallen könnten. Aber Zwanzig-, Vierzig- oder Sechzigjahresprogramme, deren Nutzen sich nicht nur erst dann zeigt, wenn diese Politiker nicht mehr im Amt sind, sondern sogar erst dann, wenn sie bereits tot sind – solche Programme sind politisch weniger attraktiv.

Sicher müssen wir aufpassen, daß wir nicht so unbedacht handeln wie Krösus und dann entdecken, daß wir für gewaltige Kosten etwas Unnötiges, Törichtes oder Gefährliches angestellt haben. Aber noch unverantwortlicher wäre es, eine drohende Katastrophe zu ignorieren und naiverweise zu hoffen, daß sie an uns vorübergehen wird. Laßt sich denn nicht eine politische Reaktion ausfindig machen, die zwar der Ernsthaftigkeit des Problems angemessen ist, die uns aber nicht gleich ruiniert, falls wir aus irgendeinem Grund – zum Beispiel aufgrund einer unerwartet auftretenden negativen Rückkopplung – den Ernst der Lage überschätzt haben?

Nehmen wir einmal an, Sie konstruierten eine Brücke oder ein Hochhaus. Dabei ist es üblich, daß eine Toleranz im Hinblick auf eine eventuelle

Katastrophe eingebaut wird, die weit über die wahrscheinlichen Belastungen hinausgeht. Warum? Weil die Folgen des Einsturzes der Brücke oder des Hochhauses so schwerwiegend sein würden, daß man sichergehen muß. Man braucht ganz verlässliche Garantien. Die gleiche Methode müßte meiner Meinung nach bei lokalen, regionalen und globalen Umweltproblemen angewendet werden. Und dagegen, ich sagte es schon, rührt sich großer Widerstand, zum Teil weil Staat und Industrie dafür große Summen aufwenden müßten. Aus diesem einfachen Grund werden wir es zunehmend erleben, wie man die globale Erwärmung in Zweifel zu ziehen versucht. Aber Geld wird auch benötigt, um Brücken sicher zu verankern und Hochhäuser ausreichend zu verstärken. Hier gilt dies als ein normaler Bestandteil der Kosten für große Bauvorhaben. Konstrukteure und Baumeister, die sich das ersparen und keine derartigen Vorsichtsmaßnahmen treffen, gelten nicht als kluge Kaufleute, weil sie ihr Geld nicht für unwahrscheinliche Eventualfälle hinauswerfen. Man hält sie für Kriminelle. Gesetze sorgen dafür, daß Brücken und Hochhäuser nicht zusammenbrechen. Müßten wir nicht auch Gesetze und moralische Vorschriften haben, die sich mit den potentiell weitaus ernsteren Umweltproblemen befassen, die als Folge unserer Technik entstehen können?

Ich möchte ein paar praktische Vorschläge machen, wie man mit Klimaveränderungen umgehen sollte. Ich glaube, daß sie den Konsens einer großen Zahl von Experten repräsentieren, wenn auch zweifellos nicht die Zustimmung aller haben. Sie stellen nur einen

Anfang dar, nur einen Versuch, das Problem zu verringern, aber auf einem angemessenen Niveau. Viel schwieriger würde es sein, die globale Erwärmung total zu beseitigen und das Klima der Erde wieder so zu gestalten, wie es etwa in den sechziger Jahren war. Meine Vorschläge sind auch in anderer Hinsicht moderat: Es gibt ausgezeichnete Gründe dafür, sie umzusetzen, unabhängig von der Frage der globalen Erwärmung. Indem wir die Sonne, die Atmosphäre, die Wolken, die Landmasse und den Ozean mit Hilfe einer Vielzahl von Meßsystemen aus dem Weltall, von Flugzeugen, Schiffen und vom Boden aus systematisch überwachen, müßten wir in der Lage sein, die derzeitige Ungewißheit einzugrenzen, Rückkopplungsschleifen festzustellen, regionale Muster der Umweltverschmutzung und ihre Auswirkungen zu beobachten, den Rückgang der Wälder und das Anwachsen der Wüsten zu verfolgen, Veränderungen in den Eiskappen der Pole, in Gletschern und des Niveaus der Ozeane zu kontrollieren, die Chemie der Ozonschicht zu untersuchen, die Ausbreitung des vulkanischen Auswurfmaterials und seine klimatischen Folgen zu ermitteln und Veränderungen bei der Menge des auf die Erde fallenden Sonnenlichts zu überprüfen. Noch nie haben wir über so gute Instrumente zum Studium und zum Schutz der globalen Umwelt verfügt. Die Raumfahrt in vielen Ländern wird zunehmend zu diesem Zweck eingesetzt, aber das derzeit stärkste derartige Werkzeug ist das automatische Earth Observing System der NASA, ein Teil ihres Projekts Mission to Planet Earth.

Wenn Treibhausgase in die Atmosphäre gelangen,

reagiert das Klima der Erde nicht sofort darauf. Vielmehr dauert es anscheinend etwa ein Jahrhundert, bis wenigstens zwei Drittel der Gesamtauswirkungen spürbar werden. Selbst wenn wir morgen jeden CO₂-Ausstoß und andere Emissionen stoppen würden, nähmen die Treibhauseffekte daher mindestens bis zum Ende des nächsten Jahrhunderts weiterhin zu. Dies ist ein überzeugender Grund, der abwartenden Haltung gegenüber dem Problem zu mißtrauen – sie könnte höchst gefährlich sein. Als es zwischen 1973 und 1979 die großen Ölpreiskrisen gab, haben wir die Steuern erhöht, um den Verbrauch zu reduzieren, kleinere Autos gebaut und das Tempolimit gesenkt. Da mittlerweile ein Überangebot an Erdöl vorhanden ist, haben wir wieder die Steuern gesenkt, größere Autos gebaut und die Tempolimits angehoben. Nichts deutet auf ein langfristiges Denken hin. Um zu verhindern, daß der Treibhauseffekt noch weiter zunimmt, muß die Welt ihre Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen um mehr als die Hälfte reduzieren. Solange wir aber an fossilen Brennstoffen festhalten, können wir sie kurzfristig viel effizienter nutzen. In den USA leben etwa fünf Prozent der Weltbevölkerung – aber sie verbrauchen fast 25 Prozent der Weltenergie. An fast einem Drittel der CO₂-Produktion der USA sind die Autos schuld. Ihr Wagen stößt jedes Jahr mehr CO₂ aus, als er selbst wiegt. Wenn wir aus einem Liter Benzin mehr Kilometerleistung herausholen können, pumpen wir eindeutig weniger Kohlendioxid in die Atmosphäre. Fast alle Experten sind sich darin einig, daß sich der Wirkungsgrad der Kraftstoffe erheblich verbessern läßt. Warum geben wir selbstbekennenden Umwelt-

schützer uns mit Autos zufrieden, die für 100 Kilometer zwölf Liter Benzin brauchen? Wenn wir mit der Hälfte Treibstoff auskämen, würden wir nur halb soviel CO₂ in die Luft pusten, und bei drei Litern nur ein Viertel. Dieses Problem ist typisch für den sich entwickelnden Konflikt zwischen der kurzfristigen Maximierung von Profiten und der langfristigen Reduzierung von Umweltschäden.

Niemand wird Autos kaufen, nur weil sie weniger Kraftstoff verbrauchen, pflegte man früher in Detroit zu sagen: Sie müßten dann kleiner sein und wären daher gefährlicher; sie würden nicht so rasch beschleunigen (obwohl sie sicher schneller fahren könnten, als es das Tempolimit zuläßt), und sie würden mehr kosten. Und tatsächlich fahren die Amerikaner heute zunehmend mit hohen Geschwindigkeiten, und sie bevorzugen Autos und Lastwagen, die ausgesprochene Benzinschlucker sind – zum Teil weil das Erdöl so billig ist. Daher hat die amerikanische Autoindustrie jede sinnvolle Veränderung bekämpft und bekämpft sie noch immer, wenn auch eher indirekt. 1990 beispielsweise hat der Senat nach großem Druck aus Detroit eine Gesetzesvorlage (mit knapper Mehrheit) abgelehnt, die eine erhebliche Kraftstoffersparnis bei amerikanischen Autos vorgeschrieben hätte, und 1995/96 wurden bereits bestehende derartige Vorschriften in einer Reihe von Staaten wieder gelockert.

Aber eine Verkleinerung der Autos ist gar nicht erforderlich, denn es gibt eine Reihe von Möglichkeiten, selbst kleinere Autos sicher zu machen: etwa neue Stoßdämpfersysteme, Kom-

ponenten, die zerbröckeln oder elastisch abprallen, Verbundbauweise und Airbags für alle Sitze. Lassen wir einmal junge Männer beiseite, die von ihrer Testosteronausschüttung völlig benebelt sind – was verlieren wir denn dabei, wenn wir auf die Fähigkeit verzichten, das Tempolimit in ein paar Sekunden früher zu überschreiten, im Vergleich zu dem, was wir damit gewinnen? Auf unseren Straßen gibt es heute schon Autos mit rasch beschleunigenden Verbrennungsmotoren, die fünf Liter oder weniger auf 100 Kilometer verbrauchen. Solche Autos sind vielleicht in der Anschaffung teurer, würden aber ganz sicher viel weniger Treibstoffkosten verursachen: Nach einer Schätzung der US-Regierung würde sich der höhere Kaufpreis in nur drei Jahren bezahlt machen. Und wer behauptet, daß niemand solche Autos kaufen würde, unterschätzt die Intelligenz und das Umweltbewußtsein des amerikanischen Volkes – und die geballte Macht der Werbung, die für ein wertvolles Ziel eingesetzt würde.

Um Menschenleben zu erhalten, wurden Tempolimits eingeführt, Führerscheine vorgeschrieben und den Autofahrern viele andere Beschränkungen auferlegt. Autos gelten potentiell als so gefährlich, daß es die Pflicht des Staates ist, ihrer Herstellung, Haltung und Benutzung gewisse Grenzen zu setzen. Dies gilt um so mehr, wenn wir einmal erkannt haben, wie ernst zu nehmen die globale Erwärmung ist. Wir profitieren von unserer globalen Zivilisation – können wir denn nicht unser Verhalten ein wenig modifizieren, um sie zu erhalten?

Die Konstruktion einer neuen, sicheren, schnellen, verbrauchsarmen, sauberen, umweltfreundlichen

Klasse von Autos wird viele neue Technologien initiieren und denen viel Geld einbringen, die über einen technologischen Vorsprung verfügen. Falls die amerikanische Automobilindustrie sich zu lange gegen solche Neuerungen sträubt, läuft sie Gefahr, daß die notwendige neue Technik von der ausländischen Konkurrenz entwickelt (und patentiert) wird. Detroit hat ein besonderes und lokal begrenztes Motiv, neue umweltfreundliche Autos zu konstruieren: sein Überleben. Dies ist nicht eine Frage der Ideologie oder der politischen Voreingenommenheit. Es ergibt sich, so glaube ich, direkt aus dem Treibhauseffekt.

Die drei großen Detroitser Autofirmen bemühen sich – angetrieben und teilweise finanziert von der US-Regierung – in ihrer etwas trägen Art um die Entwicklung eines Autos, das auf hundert Kilometer drei Liter verbraucht, oder eines entsprechenden Autos, das mit einem anderen Treibstoff als Benzin fährt. Wenn die Benzinsteuern steigen würden, dann würde der Druck auf die Autohersteller zunehmen, Autos zu bauen, die sparsamer im Verbrauch sind.

Doch in letzter Zeit haben sich einige Einstellungen verändert. General Motors hat ein Elektroauto entwickelt. »Sie müssen die Umweltangaben in die Werbung aufnehmen«, empfahl Dennis Minano, der Vizepräsident für Unternehmensangelegenheiten bei GM, im Jahre 1996. »Die amerikanischen Unternehmen beginnen einzusehen, daß das wirklich gut fürs Geschäft ist... Der Markt ist heute sensibler geworden. Die Menschen werden Sie daran messen, wie Sie Umweltaspekte aufgreifen und umsetzen, um zu geschäftlichem Erfolg zu gelangen. Sie werden

sagen: >Wir würden euch zwar nicht grün nennen, aber ihr habt niedrige Emissionswerte oder ein gutes Recyclingprogramm. Wir werden sagen, ihr seid umweltbewußt.<< Zumindest rhetorisch ist dies etwas ganz Neues. Aber ich warte noch immer auf die erschwingliche Drei-Liter-Limousine von GM.

Was ist ein Elektroauto? Sie schließen es an die Steckdose an, laden die Batterie auf und fahren los. Die besten derartigen Autos in Kompositbauweise bringen es auf ein paar hundert Kilometer pro Ladung und haben Standardcrashtests bestanden. Wenn sie im Hinblick auf die Umwelt vernünftig sein sollen, werden sie etwas anderes als die massiven Bleibatterien verwenden müssen, denn Blei ist ein tödliches Gift. Und natürlich muß die Ladung, die ein Elektroauto zum Laufen bringt, ja von irgendwoher kommen – wenn sie etwa aus einem Kohlekraftwerk stammt, dann ist damit nichts für die Reduzierung der globalen Erwärmung getan, sosehr dieses Auto auch zu einer geringeren Verschmutzung von Städten und Autobahnen beitragen mag.

Ähnliche Verbesserungen lassen sich auch für die übrige Wirtschaft einführen, die auf fossile Brennstoffe angewiesen ist: Der Wirkungsgrad von Kohlekraftwerken läßt sich steigern; große Industrieanlagen können variabler und damit sparsamer eingesetzt werden; Leuchtstoffröhren anstelle von Glühlampen können viel weitere Verbreitung finden. Solche Innovationen werden in vielen Fällen auf lange Sicht Geld sparen und uns dabei helfen, uns von der riskanten Abhängigkeit von ausländischem Öl zu befreien. Für eine effizientere Verwendung unserer Brennstoffe gibt es wie erwähnt

auch viele Gründe, die nichts mit unserer Sorge um die globale Erwärmung zu tun haben.

Langfristig reicht es nicht aus, die Effizienz zu erhöhen, mit der wir Energie aus fossilen Brennstoffen herausholen. Im Laufe der Zeit wird es immer mehr Menschen auf der Erde geben, die immer mehr Energie benötigen werden. Lassen sich denn keine Alternativen zu fossilen Brennstoffen ausfindig machen, Möglichkeiten der Energieerzeugung, die keine Treibhausgase produzieren, die nicht die Erde erwärmen? Eine derartige Alternative ist weithin bekannt: die Kernspaltung, die nicht die in fossilen Brennstoffen eingeschlossene chemische Energie freisetzt, sondern die Kernenergie, die im Herzen der Materie steckt. Es gibt keine Atomautos oder -flugzeuge, aber es gibt mit Atomkraft angetriebene Schiffe und natürlich Kernkraftwerke. Die Kosten für Elektrizität aus Kernkraft sind unter idealen Umständen etwa genauso hoch wie für Strom aus Kraftwerken, die mit Kohle oder Öl betrieben werden, und diese Kernkraftwerke erzeugen keine Treibhausgase. Überhaupt keine. Dennoch... Harrisburgh und Tschernobyl erinnern uns daran, daß Kernkraftwerke gefährliche Radioaktivität freisetzen oder sogar schmelzen können. Sie erzeugen die teuflische Hinterlassenschaft des langlebigen radioaktiven Abfalls, der entsorgt werden muß. »Langlebig« heißt hier wirklich langlebig: Die Halbwertszeiten vieler Radioisotope betragen Jahrhunderte bis Jahrtausende. Wenn wir dieses Zeug vergraben wollen, müssen wir sicher sein, daß es nicht ausströmen und ins Grundwasser gelangen oder uns

sonstwie überraschen wird – und zwar nicht bloß über eine Reihe von Jahren, sondern über Zeiträume hinweg, die viel länger sind als die, für die wir in der Vergangenheit mit Sicherheit vorausplanen konnten. Andernfalls geben wir unseren Nachkommen zu verstehen, daß die Abfälle, die wir ihnen vermachen, *ihr* Problem und *ihre* Gefahr sind – nur weil wir keine sichere Möglichkeit der Energieerzeugung finden konnten. (Und genauso verhalten wir uns gegenwärtig durch die Nutzung von Kernenergie und fossilen Brennstoffen.) Und dann ist da noch ein Problem: Die meisten Kernkraftwerke verwenden oder erzeugen Uran und Plutonium, aus dem sich Kernwaffen herstellen lassen. Sie stellen eine immerwährende Versuchung für skrupellose Länder und terroristische Gruppen dar.

Wenn diese Fragen der Betriebssicherheit, der Entsorgung von radioaktivem Abfall und des Mißbrauchs für Waffen gelöst würden, könnten Kernkraftwerke die Lösung für das Problem der fossilen Brennstoffe sein – oder zumindest eine wichtige Notlösung, eine Übergangstechnologie, bis wir etwas Besseres finden. Aber diese Bedingungen sind bislang nicht sehr überzeugend erfüllt worden, und anscheinend bestehen keine großen Aussichten, daß dies jemals der Fall sein wird. Ständige Verstöße gegen Sicherheitsstandards durch die Kernkraftindustrie, die systematische Vertuschung dieser Verstöße und ihre laxen Ahndung durch die amerikanische Nuclear Regulatory Commission (zum Teil aufgrund von Etatbeschränkungen) flößen nicht gerade Vertrauen ein. Die Beweislast liegt bei der Kernkraftindustrie. Einige Länder wie Frankreich und

Japan haben in größerem Maße auf die Kernkraft gesetzt, ungeachtet all dieser besorgniserregenden Probleme. Mittlerweile haben andere Länder – zum Beispiel Schweden –, die zuvor die Kernkraft zugelassen hatten, den Ausstieg beschlossen.



KERNKRAFT

*erzeugt zwar keine Treibhausgase,
gefährdet uns aber bekanntlich auf andere Weise*

Aufgrund der weitverbreiteten öffentlichen Unsicherheit hinsichtlich der Kernenergie sind in Amerika alle nach 1973 erteilten Aufträge für Kernkraftwerke gestoppt, und seit 1978 sind keine neuen Kraftwerke mehr zugelassen worden. Anträge für neue Zwischen- oder Endlagerstätten für radioaktiven Abfall werden regelmäßig von den betroffenen Kommunen abgelehnt. Die teuflische

Hinterlassenschaft nimmt überhand. Es gibt noch eine andere Art von Kernkraft – nicht die Spaltung, bei der Atomkerne gespalten werden, sondern die Fusion, bei der sie miteinander verschmolzen werden. Im Prinzip könnten Fusionskraftwerke mit Meerwasser laufen – ein praktisch unerschöpflicher Rohstoff –, keine Treibhausgase erzeugen, keine gefährlichen radioaktiven Abfälle hinterlassen und überhaupt nichts mit Uran und Plutonium zu tun haben. Aber »im Prinzip« zählt nicht. Die Zeit drängt. Mit ungeheurem Aufwand und einer sehr hoch entwickelten Technologie sind wir heute vielleicht gerade soweit, daß ein Fusionsreaktor ein bißchen mehr Energie erzeugt, als er verbraucht. Die Aussicht auf Fusionsenergie beruht auf hypothetischen, riesigen und kostspieligen High-Tech-Systemen, von denen sich nicht einmal ihre Befürworter vorstellen können, daß sie in den nächsten Jahrzehnten auf einer kommerziellen Basis zur Verfügung stehen könnten. Wir haben aber nicht mehr jahrzehntelang Zeit. Frühe Versionen erzeugen zudem wahrscheinlich enorme Mengen von radioaktivem Abfall. Und nur schwerlich lassen sich derartige Systeme als eine Lösung für die Dritte Welt vorstellen.

Im vorstehenden Absatz war von der heißen Fusion die Rede, die diese Bezeichnung aus gutem Grund trägt: Man muß die betreffenden Materialien auf Temperaturen von einigen Millionen Grad erhitzen, wie sie im Inneren der Sonne herrschen, damit die Fusion in Gang kommt. Man hat auch schon behauptet, daß es so etwas wie eine kalte Fusion geben könnte, und zum ersten Mal war davon im Jahre 1989 die Rede: Der ganze Apparat habe auf ei-

nem Schreibtisch Platz; man gebe bestimmte Arten von Wasserstoff hinein, ein wenig Palladiummetall, lasse einen elektrischen Strom durchlaufen, und heraus komme – so wurde jedenfalls behauptet – mehr Energie, als man hineinstecke, sowie Neutronen und andere Anzeichen für Kernreaktionen. Falls dies gestimmt hätte, wäre die kalte Fusion die ideale Lösung für das Problem der globalen Erwärmung gewesen, die gemachten Anstrengungen hätten sich mehr als gelohnt. Und so haben sich viele Wissenschaftlergruppen auf der ganzen Welt mit ihr befaßt. Doch nach dem Urteil der überwältigenden Mehrheit der Physiker ist die kalte Fusion eine Illusion, eine Mischung aus Meßfehlern, dem Fehlen richtiger Kontrollexperimente und einer Verwechslung von chemischen mit Kernreaktionen. Aber ein paar Wissenschaftler in verschiedenen Ländern beschäftigen sich weiterhin mit der kalten Fusion – so unterstützt beispielsweise die japanische Regierung eine Forschung auf diesem Gebiet in bescheidenem Maße –, und jede Behauptung zu diesem Thema sollte von Fall zu Fall geprüft werden.

Irgendeine raffinierte, geniale neue Technik – von der wir in diesem Augenblick nicht die geringste Kenntnis haben – wartet ja vielleicht nur darauf, entdeckt zu werden, um uns die Energie von morgen zu liefern. Überraschungen hat es immer schon gegeben. Aber es wäre tollkühn, darauf zu setzen. Aus vielerlei Gründen sind Entwicklungsländer besonders anfällig für die globale Erwärmung. Sie sind weniger in der Lage, sich neuen Klimaten anzupassen, neue Anbausorten zu übernehmen, wiederaufzuforsten, Deiche zu bauen, sich auf Dürreperioden und

Überschwemmungen einzustellen. Gleichzeitig sind sie besonders abhängig von fossilen Brennstoffen. Ist es denn nicht natürlich, daß sich beispielsweise China – das Land mit den zweitgrößten Kohlevorräten der Welt – während seiner exponentiellen Industrialisierung auf fossile Brennstoffe stützt? Und wenn Abgesandte aus Japan, Westeuropa und den USA nach Peking gingen und um Zurückhaltung bei der Verbrennung von Kohle und Öl bäten, würde China dann nicht darauf hinweisen, daß diese Länder während *ihrer* Industrialisierung keine derartige Zurückhaltung an den Tag gelegt haben? (Das von über 150 Ländern ratifizierte Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen von Rio aus dem Jahre 1992 enthält erstmals die völkerrechtlich nicht bindende Selbstverpflichtung der Industrieländer zu einer Reduktion der Treibhausgasemissionen, und in nachfolgenden Verhandlungen wurde erwogen, diese Verpflichtung zu erfüllen, indem die Kosten für Begrenzungsmaßnahmen der Emissionen auch in Entwicklungsländern übernommen werden.) Entwicklungsländer brauchen eine preiswerte, technologisch vergleichsweise bescheidene Alternative zu fossilen Brennstoffen.

Wenn es also keine fossilen Brennstoffe, keine Kernspaltung, keine Fusion und nicht irgendwelche exotischen neuen Technologien sein sollen – was dann? Während der Regierungszeit von US-Präsident Jimmy Carter wurde auf dem Dach des Weißen Hauses ein Sonnenkollektor installiert. Darin zirkulierte Wasser, das an sonnigen Tagen in Washington, D. C. vom Sonnenschein erwärmt wurde und einen gewissen Beitrag – vielleicht 20 Prozent –

zur Deckung des Energiebedarfs des Weißen Hauses leistete, einschließlich der Dusche des Präsidenten, vermute ich. Je mehr Energie direkt von der Sonne geliefert wurde, desto weniger Energie mußte aus dem örtlichen Stromnetz bezogen werden und desto weniger Kohle und Öl mußten verbraucht werden, um die Elektrizität für das Stromnetz um den Potomac River zu erzeugen. Das lieferte zwar nur einen Teil der benötigten Energie, und es funktionierte nicht besonders gut an wolkigen Tagen, aber es war doch ein hoffnungsvolles Zeichen für das, was gebraucht wurde (und wird).

Eine der ersten Amtshandlungen des Nachfolgers, Präsident Ronald Reagan, bestand darin, daß er den Sonnenkollektor vom Dach des Weißen Hauses entfernen ließ. Irgendwie stellte der eine ideologische Provokation dar. Natürlich kostete es einiges, das Dach des Weißen Hauses zu renovieren und den tagtäglich erforderlichen zusätzlichen Strom zu kaufen. Aber die dafür Verantwortlichen gelangten offensichtlich zu der Schlußfolgerung, daß der Nutzen die Kosten rechtfertigte. Welcher Nutzen? Für wen?

Gleichzeitig wurden die Bundesmittel für Alternativen zu fossilen Brennstoffen und zur Kernkraft drastisch gekürzt, und zwar um rund 90 Prozent. Während der Amtszeit von Reagan und Bush gab es dagegen unvermindert hohe staatliche Subventionen (einschließlich riesiger Steuervergünstigungen) für die Brennstoff- und Kernkraftindustrie. In diese Liste der Subventionen gehört, meine ich, auch der Golfkrieg von 1991. Während es in dieser Zeit zwar einen gewissen technischen Fortschritt bei alternativen

Energiequellen gab – der freilich dank der US-Regierung gering blieb –, haben wir im Grunde zwölf Jahre verloren. Doch wegen der schnellen Bildung von Treibhausgasen in der Atmosphäre und ihrer lang anhaltenden Wirkungen konnten wir es uns gar nicht leisten, zwölf Jahre zu vergeuden. Die staatliche Unterstützung für alternative Energiequellen nimmt endlich wieder zu, aber nur sehr mäßig. Ich warte darauf, daß ein Präsident wieder einen Sonnenkollektor auf dem Dach des Weißen Hauses installiert.

Ende der siebziger Jahre gab es eine Steuergutschrift für den Einbau von Sonnenwärmeheizungen in Privathäusern. Selbst an überwiegend wolkenreichen Orten verfügen einzelne Hausbesitzer, die die Steuervergünstigung nutzten, inzwischen über genügend warmes Wasser, für das sie von ihrem Versorgungsunternehmen nicht zur Kasse gebeten werden. Die Anfangsinvestition hatte sich nach etwa fünf Jahren bezahlt gemacht. Die Reagan-Regierung hat die Steuergutschrift wieder gestrichen.

Es gibt eine ganze Reihe weiterer alternativer Technologien. Erdwärme erzeugt Elektrizität in Italien, Idaho und Neuseeland. 7500 Windturbinen liefern am kalifornischen Altamont Pass Elektrizität, welche an die Pacific Gas and Electric Company verkauft wird. In Traverse City, Michigan, bezahlen die Verbraucher etwas höhere Preise für Strom aus Windturbinen, um die Umweltverschmutzung durch Kohlekraftwerke zu vermeiden. Viele andere Anwohner stehen auf einer Warteliste. Unter Berücksichtigung der Umweltkosten ist winderzeugte Elektrizität mittlerweile billiger als durch Kohle



SONNENENERGIE

*ist – umgewandelt in Elektrizität –
eine vielversprechende Lösung für viele
Energieprobleme der Welt*

erzeugter Strom. Man schätzt, daß der gesamte Strombedarf der USA durch weiträumig verteilte Windturbinen in den windreichsten Landstrichen (zehn Prozent) gedeckt werden könnte – das beträfe größtenteils nur Farmland. Darüber hinaus könnten Brennstoffe aus Grünpflanzen (»Biomasse«) das Öl teilweise ersetzen, ohne daß der Treibhauseffekt stark zunähme, weil diese Pflanzen der Luft CO_2 entziehen, bevor sie zu Brennstoff umgewandelt werden.

Aber unter vielen Gesichtspunkten, scheint mir, sollten wir die direkte und indirekte Umwandlung von

Sonnenlicht in Elektrizität entwickeln und fördern. Sonnenlicht ist unerschöpflich und steht weithin zur Verfügung (außer an extrem wolkenreichen Orten wie im Norden des Staates New York, wo ich lebe), die entsprechenden Wandler haben nur wenige bewegliche Teile und erfordern nur eine minimale Wartung. Und Solarenergie erzeugt weder Treibhausgase noch radioaktiven Abfall. Eine »indirekte« Solartechnologie ist weit verbreitet: Wasserkraftwerke. Wasser wird durch die Wärme der Sonne verdunstet, geht als Regen im Hochland nieder, läuft durch Flüsse talabwärts, fließt in einen Stausee und treibt dort rotierende Maschinen an, die Elektrizität erzeugen. Aber es gibt auf unserem Planeten nur eine begrenzte Zahl rasch dahinfließender Flüsse, und in den meisten Ländern reichen die vorhandenen Flüsse nicht aus, um den Energiebedarf zu decken. Mit Solarenergie betriebene Autos tragen bereits Langstreckenrennen aus. Mit Hilfe von Solarenergie ließe sich Wasserstofftreibstoff aus Wasser erzeugen – nach der Verbrennung bliebe einfach nur Wasser zurück. Auf der Welt gibt es viele große Wüsten, die sich auf eine ökologisch verantwortbare Weise für die Nutzung von Sonnenenergie einspannen ließen. Seit Jahrzehnten ist es üblich, solarelektrische oder »photovoltaische« Energie für den Betrieb von Raumsonden in Erdnähe und im inneren Sonnensystem zu verwenden. Lichtphotonen treffen auf die Zelloberfläche und lösen Elektronen aus, deren kumulativer Fluß einen elektrischen Strom darstellt. Dies sind praktische, vorhandene Technologien.

Aber wann, wenn überhaupt, wird eine

solarelektrische oder solarthermische Technologie bei der Stromversorgung von Häusern und Büros mit fossilen Brennstoffen konkurrieren können? Nach gegenwärtigen Schätzungen, auch von seiten des amerikanischen Energieministeriums, wird die Solartechnologie im ersten Jahrzehnt des neuen Jahrtausends soweit sein. Das ist früh genug, um wirklich etwas zu bewirken.

Tatsächlich ist die Kostensituation sogar noch viel günstiger. Wenn derartige Vergleiche aufgestellt werden, gibt es eine doppelte Buchführung – eine für den öffentlichen Verbrauch und eine andere, die die wahren Kosten aufdeckt. In den letzten Jahren hat ein Barrel Rohöl zwar nur etwa 20 Dollar gekostet. Aber US-Streitkräfte werden beauftragt, ausländische Ölquellen zu schützen, und bestimmten Ländern wird erhebliche Unterstützung nur wegen ihres Öls gewährt. Warum tun wir eigentlich so, als ob das nicht einen Teil der Ölkosten darstellt? Wegen unseres Hungers nach Öl nehmen wir ökologisch verheerende Ölverschmutzungen des Meeres hin (wie durch die *Exxon Valdez*). Warum tun wir so, als ob sie nicht einen Teil der Ölkosten darstellen? Wenn wir diese zusätzlichen Kosten zusammenrechnen, beträgt der geschätzte Preis etwa 80 Dollar pro Barrel. Wenn wir nun auch noch die Umweltkosten dazuzählen, die der Verbrauch von diesem Öl der lokalen wie globalen Umwelt aufbürdet, könnte der reale Preis Hunderte von Dollars pro Barrel betragen. Und wenn der Schutz der Ölquellen ein Motiv für einen Krieg ist, wie beispielsweise den Golfkrieg, dann sind die Kosten weitaus höher – und zwar nicht nur in Dollars.

Wenn man wirklich einmal eine annähernd faire

Rechnung aufstellt, dann wird klar, daß die Sonnenenergie (und die Windenergie und andere erneuerbare Energien) für viele Zwecke bereits viel billiger als Kohle, Öl oder Erdgas ist. Die USA und die anderen Industriestaaten sollten eigentlich viel mehr in die weitere Verbesserung dieser Technologien investieren und große Solarenergieanlagen installieren. Aber der gesamte Jahresetat, den das amerikanische Energieministerium für diese Technologie ansetzt, entspricht etwa den Kosten von ein oder zwei Hochleistungsflugzeugen, die im Ausland zum Schutz von Ölquellen stationiert sind.

Investieren wir heute in einen gesteigerten Wirkungsgrad fossiler Brennstoffe oder in alternative Energiequellen, wird sich das erst in einigen Jahren auszahlen. Aber Industrie, Verbraucher und Politiker sind, wie gesagt, oft nur auf das Hier und Jetzt fixiert. Inzwischen werden die ersten amerikanischen Solarenergieunternehmen an ausländische Firmen verkauft. Solarelektrische Systeme werden gegenwärtig in Spanien, Italien, Deutschland und Japan vorgestellt. Sogar das größte kommerzielle Solarenergiekraftwerk in Amerika, das in der Mojavewüste steht, erzeugt nur ein paar hundert Megawatt Elektrizität, die an das Unternehmen Southern California Edison verkauft werden. Auf der ganzen Welt werden von der Energiewirtschaft Investitionen in Windturbinen und solarelektrische Generatoren noch immer vermieden.

Und dennoch gibt es einige ermutigende Zeichen. In Amerika hergestellte, kleine solarelektrische Geräte behaupten sich allmählich auf dem Weltmarkt. (Von

den drei größten Unternehmen werden zwei von Deutschland und Japan, das dritte wird von amerikanischen Energiekonzernen kontrolliert.) Tibetische Hirten versorgen Glühbirnen und Radios mit Hilfe von Solarzellen mit Strom; somalische Ärzte befestigen Solarzellen auf Kamelen, um teure Impfstoffe auf dem Treck durch die Wüste kühl zu halten; 50.000 kleine Häuser in Indien werden derzeit auf Strom aus Solarenergie umgerüstet. Weil diese Systeme für die untere Mittelschicht in Entwicklungsländern erschwinglich und fast wartungsfrei sind, ist der potentielle Markt für die Versorgung ländlicher Gebiete mit Solarenergie riesig.

Wir können und sollten mehr tun. Es sollte ein massives staatliches Engagement zur Förderung dieser Technologie geben, und Wissenschaftlern und Erfindern müßten entsprechende Anreize geboten werden, damit sie sich auf dieses vernachlässigte Gebiet einlassen. Warum wird so oft von »Energieunabhängigkeit« gesprochen, um Kernkraftwerke oder Offshore-Ölbohrungen zu rechtfertigen, die für die Umwelt risikoreich sind – und warum geht es dabei so selten um Isolierung, effiziente Autos oder Wind- und Sonnenenergie? Viele dieser neuen Technologien lassen sich auch in den Entwicklungsländern anwenden, um die Industrieproduktion und den Lebensstandard zu verbessern, ohne die Umweltsünden der Industrieländer zu begehen. Wenn Amerika darauf aus ist, Weltführer in neuen einfachen Industrien zu werden, dann gäbe es hier eine, die sich in den Startlöchern befindet.

Vielleicht lassen sich diese Alternativen in einer echten freien Marktwirtschaft rasch entwickeln. Eine andere Möglichkeit könnte darin bestehen, daß die Staaten eine kleine Steuer auf fossile Brennstoffe erheben, die der Entwicklung der alternativen Technologien dient. In England wurde 1991 eine »Non Fossil Fuel Obligation« eingeführt, und diese Schuldverschreibung beläuft sich auf elf Prozent des Kaufpreises. Allein in Amerika würde das viele Milliarden Dollar jährlich ausmachen. Aber Präsident Clinton war von 1993 bis 1996 nicht in der Lage, eine Gesetzesvorlage für eine Benzinststeuer von nur fünf Cent pro Gallone (3,8 Liter) durchzubringen. Vielleicht haben künftige Regierungen damit mehr Erfolg.

Ich hoffe, Technologien für die Nutzung der Solar- und Windenergie, für die Biomasseumwandlung und den Einsatz von Wasserstoff als Treibstoff werden in einem anständigen Tempo eingeführt, während gleichzeitig der Wirkungsgrad der Verbrennung fossiler Brennstoffe erheblich verbessert wird. Niemand spricht von einem völligen Verzicht auf fossile Brennstoffe. Der Bedarf an hochintensiver Industrieenergie – wie beispielsweise bei Eisengießereien und Aluminiumschmelzöfen – läßt sich wohl kaum durch Sonnenlicht oder Windmühlen decken. Aber wenn wir unsere Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen um die Hälfte oder mehr reduzieren können, haben wir Großartiges geleistet. Ganz andere Technologien, die mit dem Tempo der Treibhauserwärmung mithalten können, wird es in Bälde wahrscheinlich nicht geben. Allerdings kann es durchaus sein, daß uns irgendwann in diesem

Jahrhundert eine neue Technologie zur Verfügung steht, die billig und sauber ist und keine Treibhausgase erzeugt, ein Verfahren, das sich in armen Ländern auf der ganzen Welt einführen und betreiben läßt.

Aber gibt es denn keine Möglichkeit, Kohlendioxid *aus* der Atmosphäre herauszuholen und damit den Schaden, den wir bereits angerichtet haben, teilweise wiedergutzumachen? Es gibt nur eine Methode, den Treibhauseffekt herunterzufahren, die ebenso sicher wie verläßlich erscheint, nämlich Bäume anzupflanzen. Damit läßt sich CO₂ aus der Luft entfernen. Haben sie dann ihren vollen Wuchs entfaltet, wäre es natürlich verfehlt, sie zu verbrennen – das würde ja gerade den Nutzen aufheben, den wir uns davon versprechen. Vielmehr sollten Wälder angepflanzt und die ausgewachsenen Bäume dann gefällt und zum Beispiel für den Hausbau oder für Möbel verwendet werden. Oder man sollte sie einfach vergraben. Aber die weltweite Land-flache, die wiederaufgeforstet werden müßte, damit die Bäume einen entscheidenden Beitrag leisten könnten, ist riesengroß. Sie entspricht etwa der Größe der USA. Dies kann nur ein gemeinsames Unternehmen der Menschheit sein. Statt dessen vernichtet die Spezies Mensch derzeit *in einer Sekunde* etwa 4000 Quadratmeter. Jeder kann Bäume anpflanzen, der einzelne, die Länder, die Industrie. Aber besonders die Industrie. Das Versorgungsunternehmen Applied Energy Services in Arlington, Virginia, hat in Connecticut ein Kohlekraftwerk errichtet; es pflanzt auch Bäume in Guatemala an, die mehr Kohlendioxid aus der Erdatmosphäre beseitigen werden, als das neue Kraftwerk des Unternehmens

während seiner gesamten Betriebsdauer in die Luft gelangen lassen wird. Müßten nicht Bauholzfirmen mehr Wälder – aus schnell wachsenden Laubbäumen, mit denen sich der Treibhauseffekt abschwächen läßt – aufforsten als abholzen? Wie steht's mit der Kohlen-, Erdöl-, Erdgas- und Autoindustrie? Müßte nicht jedes Unternehmen, das CO₂ in die Atmosphäre einbringt, auch verpflichtet sein, ihr dieses Treibhausgas an anderer Stelle wieder zu entziehen? Müßte das nicht auch für jeden Bürger gelten? Wie wäre es, wenn wir zu Weihnachten Bäume *anpflanzen* würden? Oder an Geburtstagen, Hochzeiten und Jubiläen. Unsere Ahnen kamen von den Bäumen herunter, und wir empfinden immer noch eine natürliche Verbundenheit mit ihnen. Daher ist es völlig in Ordnung, daß wir neue anpflanzen.

Indem wir systematisch die Leichname uralter Wesen aus der Erde ausgraben und sie verbrennen, gefährden wir uns selbst. Wir können die Gefahr abschwächen, wenn wir dieses Verbrennen wirkungsvoller gestalten, in alternative Technologien (wie Biomasse, Wind- und Solarenergie) investieren und einigen jener Wesen Leben schenken, deren Überreste wir verbrennen – den Bäumen. Ein solches Handeln hätte einen vielfältigen Nutzen: Die Luft würde gereinigt, die Artenvernichtung in tropischen Regenwäldern verlangsamt, die Ölverschmutzung verringert oder beseitigt, neue Technologien, neue Arbeitsplätze und neue Gewinne würden geschaffen. Ferner wäre die Unabhängigkeit der Energieversorgung gesichert, und die USA und andere erdölabhängige Industrieländer könnten ihre uniformierten Söhne und Töchter aus Krisenregionen

abziehen und einen Großteil ihres Verteidigungsetats für produktive zivile Wirtschaftszweige umwidmen.

Ungeachtet des anhaltenden Widerstands von selten der Brennstoffindustrie hat sich eine Branche beachtlicherweise bereit gefunden, die globale Erwärmung ernst zu nehmen: die Versicherungsunternehmen. Heftige Unwetter, Überschwemmungen, Dürreperioden und andere extreme Wetterphänomene, die auf den Treibhauseffekt zurückzuführen sind, könnten »die Industrie in den Bankrott treiben«, hat der Präsident des amerikanischen Rückversicherungsverbands erklärt. Unter Hinweis auf die Tatsache, daß sich sechs der zehn schlimmsten Naturkatastrophen in der Geschichte Amerikas im vergangenen Jahrzehnt ereignet hätten, hat im Mai 1996 ein Konsortium amerikanischer Versicherungsunternehmen eine Untersuchung gesponsert, die nachweisen soll, daß die globale Erwärmung die potentielle Ursache dieser Katastrophen ist. Deutsche und Schweizer Versicherungsfirmer haben sich bei ihren Regierungen für einen Rückgang der Treibhausgasemissionen eingesetzt. Die Allianz der kleinen Inselstaaten hat an die Industrieländer appelliert, die Emission ihrer Treibhausgase bis zum Jahr 2005 um 20 Prozent unter das Niveau von 1990 zu reduzieren. (Zwischen 1990 und 1995 ist die Emission von CO₂ weltweit um zwölf Prozent gestiegen.) Auch in anderen Industriezweigen gibt es ein neues, zumindest rhetorisches Engagement für die Umwelt – was das überwältigende öffentliche Interesse in den Industrieländern und in gewissem Maße auch darüber hinaus widerspiegelt. »Die globale Erwärmung ist ein

schwerwiegendes Problem, weil sie wahrscheinlich die Grundlage des menschlichen Lebens ernsthaft bedroht«, hat Japan erklärt und gleichzeitig verkündet, daß es bis zum Jahr 2000 die Treibhausgasemissionen stabilisieren würde. Schweden kündigte an, es werde bis 2010 aus der Kernenergie aussteigen und die CO₂-Emissionen seiner Industrie um 30 Prozent reduzieren – und zwar durch die Verbesserung des Wirkungsgrads und die Einbeziehung erneuerbarer Energiequellen, Maßnahmen, durch die man sich außerdem Energieeinsparungen erhofft. (Deutschland hat neben dem Einstieg in den Ausstieg aus der Kernenergie bekanntgegeben, daß es die CO₂-Emissionen bis 2005 um 25 Prozent im Vergleich zu 1990 reduzieren werde.) John Selwyn Gummer, der damalige britische Umweltminister, erklärte 1996: »Als Weltgemeinschaft akzeptieren wir, daß es weltweit geltende Vorschriften geben muß.« Aber es gibt auch erheblichen Widerstand. Die OPEC-Länder sind gegen eine Reduzierung der CO₂-Emissionen, weil das ihre Öleinkünfte schmälern würde. Rußland und viele Entwicklungsländer sind dagegen, weil es die Industrialisierung erheblich behindern würde. Die USA ergreifen als einzige bedeutende Industrienation keine entscheidenden Gegenmaßnahmen gegen die globale Erwärmung. Während andere Länder handeln, werden in den USA Komitees berufen und die betroffenen Industrien gedrängt, gegen ihre kurzfristigen Interessen freiwillig auf die Einhaltung von Grenzwerten zu achten. Ein effektives Handeln in dieser Sache wird natürlich schwieriger sein als die Durchführung des Montreal-Protokolls und seiner Ergänzungen über das Verbot von CFKs. Die

betroffenen Industrien sind viel mächtiger, die Kosten für Veränderungen viel höher, und noch verweist nichts so dramatisch auf die globale Erwärmung wie das Loch über der Antarktis auf die Abnahme der Ozonschicht. Die Bürger werden da noch Aufklärungsarbeit bei den Industrien und Regierungen leisten müssen. Da CO₂-Moleküle kein Gehirn haben, sind sie außerstande, die große Idee der nationalen Souveränität zu verstehen. Sie werden einfach vom Winde verweht. Wenn sie an einem Ort produziert werden, können sie an jedem anderen Ort landen. Unser Planet ist eine Einheit. Ungeachtet aller ideologischen und kulturellen Unterschiede müssen die Nationen der Welt zusammenarbeiten – sonst gibt es keine Lösung für die Treibhauserwärmung und die anderen globalen Umweltprobleme. Wir befinden uns alle zusammen in diesem Treibhaus.

Im April 1993 erklärte Präsident Bill Clinton endlich, die USA würden sich verpflichten, das zu tun, was die Regierung Bush verweigert hatte: sich mehr als 150 anderen Ländern anzuschließen und die Protokolle des Weltumweltgipfels zu unterzeichnen, der im Jahr zuvor in Rio de Janeiro stattgefunden hatte, auch wenn sie keine bindenden Verpflichtungen enthalten. Insbesondere versprachen die USA, sie würden bis zum Jahr 2000 das Niveau der Emission von Kohlendioxid und anderen Treibhausgasen auf das Niveau von 1990 reduzieren (dieses Niveau ist schon schlimm genug, aber zumindest wäre das ein Schritt in die richtige Richtung). Es wird nicht leicht sein, dieses Versprechen zu halten. Die USA verpflichteten sich auch zu Maßnahmen zum Schutz der Artenvielfalt in einer Reihe von Ökosystemen auf

unserem Planeten.

Wir können in Zukunft nicht mehr unbesorgt das Wachstum der Technik befördern und weiterhin die Folgen dieser Technik pauschal ignorieren. Es liegt durchaus in unserer Macht, die Technik zu steuern und sie zum Nutzen aller auf der Erde einzusetzen. Vielleicht gibt es angesichts der bestehenden Umweltprobleme doch einen Lichtblick, weil sie uns – auch wenn wir uns noch so sehr dagegen sträuben – wohl oder übel zu einem neuen Denken zwingen – in dem bei einigen Dingen das Wohl der Spezies Mensch Vorrang vor nationalen und unternehmerischen Interessen hat. Wir sind eine einfallsreiche Spezies, wenn es darauf ankommt. Wir wissen, was zu tun ist. Und wenn wir nicht viel dümmer sind, als wir meiner Meinung nach sind, dann müßte sich aus den Umweltkrisen unserer Zeit ein Zusammenschluß der Nationen und der Generationen ergeben, und das könnte sogar das Ende unserer langen Kindheit sein.

Ein neues Bündnis von Religion und Wissenschaft

»Am ersten oder zweiten Tag deuteten wir alle auf unsere Länder. Am dritten oder vierten Tag deuteten wir auf unsere Kontinente. Am fünften Tag nahmen wir nur noch die eine Erde wahr.«

Prinz Sultan Ibn Salmon Al-Saud,
saudi-arabischer Astronaut

Intelligenz und die Herstellung von Werkzeugen waren von Anfang an unsere Stärken gewesen. Wir nutzen diese Talente, um den Mangel an natürlichen Gaben – Kraft, Schnelligkeit, Flugvermögen und so fort – zu kompensieren, die anscheinend anderen Tieren so großzügig verliehen und uns so grausam vorenthalten waren. Seit der Zähmung des Feuers und der Fertigung von Steinwerkzeugen war klar, daß unsere Fähigkeiten zum Guten wie zum Bösen eingesetzt werden konnten. Aber erst vor noch nicht allzu langer Zeit ging uns auf, daß selbst die positive Anwendung unserer Intelligenz und unserer Werkzeuge uns gefährden könnte, weil wir nicht schlau genug sind, um alle Folgen absehen zu können.

Nun sind wir überall auf der Erde. Wir haben Basen in der Antarktis. Wir suchen den Grund, der Ozeane auf. Zwölf Menschen haben sogar den Mond betreten. Inzwischen gibt es sechs Milliarden von uns, und

unsere Zahl wächst in jedem Jahrzehnt um die Bevölkerung von China. Wir haben die anderen Tiere und Pflanzen unterdrückt (bei den Mikroben waren wir allerdings weniger erfolgreich). Wir haben viele Organismen gezähmt und uns gefügig gemacht. Nach gewissen Kriterien sind wir die dominierende Spezies auf der Erde geworden.

Und auf fast jeder Stufe haben wir das Lokale vor dem Globalen, das Kurzfristige vor dem Langfristigen betont. Wir haben viele Wälder zerstört, die Ackerböden beschädigt, die Zusammensetzung der Atmosphäre verändert, die schützende Ozonschicht verringert, das Klima manipuliert, die Luft und die Gewässer vergiftet und dafür gesorgt, daß die ärmsten Menschen am meisten unter den sich verschlechternden Umweltbedingungen leiden. Wir haben die Biosphäre geplündert – voller Anmaßung, immer nehmend und nie zurückgebend. Und so sind wir zu einer Gefahr für uns selbst und für die anderen Lebewesen geworden, mit denen wir unseren Planeten teilen.

Der Großangriff auf die globale Umwelt ist nicht nur die Schuld profitgieriger Industrieller oder kurzsichtiger und korrupter Politiker. Wir alle haben ein gerüttelt Maß an Schuld. Der Stamm der Wissenschaftler spielt dabei eine zentrale Rolle. Viele von uns gaben sich nicht einmal die Mühe, über die langfristigen Folgen unserer Erfindungen nachzudenken. Wir sind nur zu bereit, verheerende Kräfte dem Höchstbietenden und den Funktionären des Landes, in dem wir zufällig leben, zu überlassen. In zu vielen Fällen hat uns ein moralischer Kompaß gefehlt. Von Anfang an waren Philosophie und

Wissenschaft eifrig bemüht, »uns zu Herren und Besitzern der Natur zu machen«, wie Rene Descartes es ausgedrückt hat, die Wissenschaft, wie Francis Bacon gesagt hat, dazu zu benutzen, die ganze Natur in »den Dienst des Menschen« zu stellen. Bacon sprach ferner davon, der »Mensch« übe ein »Recht über die Natur« aus. »Die Natur«, schrieb Aristoteles, »hat alle Tiere um des Menschen willen gemacht.« – »Ohne den Menschen«, behauptete Immanuel Kant, »wäre die ganze Schöpfung nichts als eine Wildnis, ein eitel Ding.« Es ist noch gar nicht so lange her, da sprachen wir vom »Erobern« der Natur und von der »Eroberung« des Weltraums – als ob die Natur und der Kosmos Feinde wären, die es zu bezwingen gälte.

Auch die Religion hat bei diesem Verhältnis zur Natur eine zentrale Rolle gespielt. Immer wieder wurde behauptet, genauso wie wir uns Gott unterwerfen müssen, müsse sich die übrige Natur uns unterwerfen. Besonders in der heutigen Zeit halten wir es anscheinend mehr mit der zweiten Hälfte dieser These als mit der ersten. In der realen und greifbaren Welt, wie sie sich durch das, was wir tun, und nicht durch das, was wir sagen, offenbart, streben viele Menschen offenkundig danach, Herren der Schöpfung zu sein – mit einer gelegentlichen Alibiverbeugung, wie es die gesellschaftliche Konvention verlangt, vor irgendwelchen Göttern, die vielleicht gerade in Mode sind. Descartes und Bacon waren nachhaltig von der Religion beeinflusst. Die Vorstellung »Wir gegen die Natur« ist ein Erbe unserer religiösen Überlieferungen. Im Ersten Buch Mose läßt Gott den Menschen »herrschen... über alle Tiere des Feldes«. Dem Menschen wird aufgetragen, sich die Natur

»Untertan« zu machen, und dieser Begriff ist die Übersetzung eines hebräischen Wortes mit einer entschieden militärischen Bedeutung. Aus der Bibel – und aus der mittelalterlichen christlichen Tradition, aus der heraus sich die moderne Naturwissenschaft entwickelte – kann noch viel mehr herausgelesen werden, was auf einer ähnlichen Linie liegt. Der Islam hingegen ist nicht geneigt, die Natur zum Feind zu erklären.

Natürlich ist die Wissenschaft wie die Religion ein komplexes und vielschichtiges Gebilde, das viele unterschiedliche, sogar widersprüchliche Anschauungen umfaßt. Wissenschaftler haben schließlich die Umweltkrisen entdeckt und die Aufmerksamkeit der Welt auf sie gelenkt, und es gibt durchaus Wissenschaftler, die einen hohen Preis dafür gezahlt haben, daß sie sich weigerten, an Erfindungen zu arbeiten, die ihren Mitmenschen schaden könnten. Und die Religion hat ja als erste das Gebot ausgesprochen, alle Lebewesen zu ehren.

Gewiß, in der jüdisch-christlich-muslimischen Tradition gibt es nichts, was nur annähernd der liebenden Sorge um die Natur in der hinduistisch-buddhistisch-jainistischen Tradition oder bei den amerikanischen Ureinwohnern gleichkommt. Ja, die westliche Religion und die westliche Wissenschaft sind nicht müde geworden zu behaupten, daß die Natur bloß der Schauplatz menschlichen Strebens und kein Objekt menschlicher Verehrung sei, daß es also ein Sakrileg sei, die Natur als heilig anzusehen.

Trotz allem gibt es auch eine klare Gegenaussage von selten der Religion: Die natürliche Welt sei eine Schöpfung Gottes, die zu Zwecken erschaffen wurde,

die nichts mit der Glorifizierung des Menschen zu tun haben, und die daher an und für sich Achtung und Fürsorge verdiene und nicht bloß, weil sie für uns nützlich sei. Gerade in neuerer Zeit hat sich die Metapher der »Verwalterschaft« herausgebildet – der Gedanke nämlich, daß die Menschen die Verwalter der Erde sind, die zu diesem Zweck hier eingesetzt und jetzt und bis in alle Ewigkeit dem Herrn verantwortlich sind.

Natürlich ist das Leben auf der Erde beinahe vier Milliarden Jahre lang ganz gut ohne »Verwalter« ausgekommen. Trilobiten und Dinosaurier, die jeweils über 100 Millionen Jahre lang den Planeten bevölkert haben, hätten sich vielleicht über eine Spezies amüsiert, die erst ein Tausendstel so lange hier ist und sich zum Hüter des Lebens ernennen will. Diese Spezies ist selbst die Gefahr. Menschliche Verwalter sind nötig, das ist diesen Religionen klar, um die Erde vor den Menschen zu schützen. Methodik und Ethik von Wissenschaft und Religion unterscheiden sich grundlegend. Die Religion fordert uns zum fraglosen Glauben auf, sogar (oder besonders) dann, wenn es keine eindeutigen Beweise gibt. Das ist ja gerade die zentrale Bedeutung des Glaubens. Die Wissenschaft dagegen fordert uns auf, nichts auf Treu und Glauben hinzunehmen, nicht unserem Hang zur Selbsttäuschung nachzugeben und angebliche Beweise abzulehnen. Der Wissenschaft gilt tiefe Skepsis als höchste Tugend. Die Religion erblickt darin oft ein Hindernis auf dem Weg zur Erleuchtung. Daher hat es jahrhundertlang einen Konflikt zwischen den beiden Gebieten gegeben – die Entdeckungen der Wissenschaft stellten religiöse

Dogmen in Frage, während die Religion die beunruhigenden Befunde zu ignorieren oder zu unterdrücken versuchte.

Aber die Zeiten haben sich geändert. Viele Religionen können inzwischen mit der Tatsache, daß die Erde sich um die Sonne dreht und 4,5 Milliarden Jahre alt ist, sowie mit der Evolution und mit anderen Entdeckungen der modernen Wissenschaft leben. Papst Johannes Paul II. hat gesagt: »Die Wissenschaft kann die Religion von Irrtum und Aberglauben befreien; die Religion kann die Wissenschaft vom Götzendienst und von falschen Verabsolutierungen befreien. Jede kann die andere in eine größere Welt bringen, eine Welt, in der beide gedeihen können.... Derartige Brückenfunktionen müssen gefördert und unterstützt werden.« Unabweisbar ist dies in der gegenwärtigen Umweltkrise. Ganz gleich, wer in erster Linie für diese Krise verantwortlich ist – wir können sie nur überwinden, wenn wir die Gefahren und ihre Mechanismen verstehen und uns entschieden für das langfristige Wohlbefinden unserer Spezies und unseres Planeten engagieren, und das heißt eigentlich, daß wir der Wissenschaft wie der Religion eine zentrale Rolle zuweisen müssen.

Ich habe das große Glück gehabt, an einer Reihe außergewöhnlicher Konferenzen auf der ganzen Welt teilnehmen zu dürfen, bei denen die Führer der Weltreligionen mit Wissenschaftlern und Politikern aus vielen Ländern zusammengekommen sind und versucht haben, sich mit der rapide verschärfenden Weltumweltkrise auseinanderzusetzen.

Vertreter von fast 100 Ländern waren auf den

Konferenzen des »Global Forum of Spiritual and Parliamentary Leaders« im April 1988 in Oxford und im Januar 1990 in Moskau anwesend. Als ich da unter einem riesigen, im Weltall aufgenommenen Foto der Erde stand, hatte ich eine bunt gekleidete Versammlung vor mir, die die wunderbare Vielfalt unserer Spezies repräsentierte: Mutter Teresa und den Kardinalerzbischof von Wien, den Erzbischof von Canterbury, die Oberrabbiner von Rumänien und Großbritannien, den Großmufti von Syrien, den Metropoliten von Moskau, einen Ältesten der Onondaga Nation, den Hohen Priester des Heiligen Waldes von Togo, den Dalai-Lama, Jain-Priester in ihren prächtigen weißen Roben, Sikhs mit ihren Turbanen, Hindu-Swamis, buddhistische Äbte, Shinto-Priester, Protestanten, den Primus der armenischen Kirche, einen »lebenden Buddha« aus China, die Bischöfe von Stockholm und Harare, Metropoliten der orthodoxen Kirchen, die Oberhäuptlinge der Six Nations of the Iroquois Confederacy- und dazu gesellten sich der Generalsekretär der Vereinten Nationen, die Ministerpräsidentin von Norwegen, die Begründerin einer kenianischen Frauenbewegung zur Wiederaufforstung der Regenwälder, der Präsident des World Watch Institute, die Direktoren des Children's Fund der Vereinten Nationen, des Population Fund und der UNESCO, der sowjetische Umweltminister sowie Parlamentarier aus Dutzenden von Ländern, darunter US-Senatoren und Abgeordnete des Repräsentantenhauses sowie ein künftiger Vizepräsident. Diese Konferenzen waren vorwiegend von einem Mann organisiert worden, dem

ehemaligen UN-Beamten Akio Matsumura. Ich erinnere mich noch, wie sich die 1300 Delegierten im Georgssaal im Kreml versammelt hatten, um der Ansprache von Michail Gorbatschow zu lauschen. Die Sitzung wurde von einem ehrwürdigen vedischen Mönch eröffnet, der eine der ältesten religiösen Traditionen der Erde repräsentierte und die Versammelten aufforderte, die heilige Silbe »Om« anzustimmen. Soweit ich weiß, hat Außenminister Eduard Schewardnadse in das »Om« eingestimmt, während Michail Gorbatschow sich zurückhielt. (Hinter ihm ragte eine riesige, schneeweiße Statue von Lenin mit ausgestreckter Hand auf.) Am selben Tag, einem Freitag, fanden sich zehn jüdische Delegierte bei Sonnenuntergang im Kreml ein und verrichteten die erste jüdische Andacht, die je hier abgehalten worden war. Ich weiß noch, wie der Großmufti von Syrien zur Überraschung und Freude vieler Anwesender die Bedeutung hervorhob, die im Islam die »Geburtenkontrolle für das globale Wohlergehen [habe], ohne sie auf Kosten einer Nationalität zugunsten einer anderen auszunutzen«. Mehrere Redner zitierten die Spruchweisheit der amerikanischen Ureinwohner: »Wir haben die Erde nicht von unseren Ahnen geerbt, sondern von unseren Kindern geliehen.« Immer wieder wurde nachdrücklich auf das Thema der Verbundenheit aller Menschen verwiesen. Wir vernahmen eine weltliche Parabel, und darin wurden wir aufgefordert, uns unsere Spezies als ein Dorf mit 100 Familien vorzustellen. 65 Familien in unserem Dorf sind Analphabeten, und 90 sprechen nicht Englisch, 70 haben zu Hause kein Trinkwasser, von 80 Familien ist

noch nie auch nur ein Mitglied mit einem Flugzeug geflogen. Sieben Familien besitzen 60 Prozent des Landes und verbrauchen 80 Prozent der verfügbaren Energie. Sie haben alle Luxusgüter. 60 Familien drängen sich auf zehn Prozent des Landes. Nur eine Familie hat ein Mitglied mit Universitätsbildung. Und die Luft, das Wasser und das Klima werden immer schlechter, und das glühende Sonnenlicht wird immer schädlicher. Worin besteht in dieser Situation unsere gemeinsame Verantwortung? Auf der Moskauer Konferenz wurde ein von einer Reihe herausragender Wissenschaftler unterzeichneter Aufruf den Führern der Weltreligionen überreicht. Deren Reaktion war überwältigend positiv. Die Konferenz endete mit einem Maßnahmenkatalog, der die folgenden Sätze enthielt:

»Diese Versammlung ist nicht nur ein singuläres Ereignis, sondern ein Schritt in einem laufenden Prozeß, an dem wir unwiderruflich beteiligt sind. Daher kehren wir mit der Verpflichtung heim, als engagierte Teilnehmer an diesem Prozeß zu handeln, gleichsam als Abgesandte für eine fundamentale Änderung von Einstellungen und Gewohnheiten, die unsere Welt an einen gefährlichen Abgrund gebracht haben.«

Religionsführer in vielen Ländern haben inzwischen zu handeln begonnen. Wichtige Maßnahmen werden von der U. S. Catholic Conference ergriffen, von der Episcopal Church, der United Church of Christ, den evangelischen Christen, den Führern der jüdischen Gemeinde und vielen anderen Gruppen. Um diesen

Prozeß zu beschleunigen, wurde ein »Gemeinsamer Aufruf von Wissenschaft und Religion für die Umwelt« artikuliert, dessen Hauptverantwortung bei Very Reverend James Parks Morton, dem Dekan der Cathedral of St. John the Divine, und mir lag. Eine zentrale Rolle spielte Vizepräsident Al Gore, damals noch US-Senator. Auf einer im Juni 1991 in New York abgehaltenen Sondierungssitzung von Wissenschaftlern und Führungspersönlichkeiten der großen amerikanischen Konfessionen wurde klar, daß es eine große gemeinsame Basis gab:

»Die Versuchung liegt sehr nahe, diese globale Umweltkrise zu leugnen oder zu verdrängen und sich zu weigern, auch nur einen Gedanken an die grundlegenden Veränderungen des menschlichen Verhaltens zu verschwenden, die erforderlich sind, um gegen diese Krise anzugehen. Aber wir religiösen Führer akzeptieren eine weit nach vorn schauende Verantwortung dafür, das ganze Ausmaß dieser Herausforderung und das, was zu ihrer Bewältigung erforderlich ist, den vielen Millionen zu vermitteln, die wir erreichen, unterrichten und beraten. Wir beabsichtigen, als wohlinformierte Teilnehmer bei allen Diskussionen über diese Fragen mitzuwirken und unsere Ansichten der moralischen und ethischen Anforderungen beizusteuern, die zur Entwicklung nationaler und internationaler politischer Gegenmaßnahmen erforderlich sind. Aber wir erklären hier und jetzt, daß folgende Schritte in die Wege geleitet werden müssen: ein beschleunigter Verzicht auf Chemikalien, die zum Abbau der

Ozonschicht beitragen, eine viel effizientere Verwendung von fossilen Brennstoffen und die Entwicklung einer nichtfossilen Brennstoffwirtschaft, die Erhaltung der tropischen Regenwälder und andere Maßnahmen zum Schutz der bestehenden biologischen Vielfalt sowie konzertierte Anstrengungen zur Verlangsamung des dramatischen und gefährlichen Wachstums der Weltbevölkerung, indem wir Frauen wie Männer dazu ermächtigen, die wirtschaftliche Unabhängigkeit fördern und Familienbildungsprogramme für all jene bereitstellen, die sich ihrer auf einer strikt freiwilligen Basis bedienen mögen.

Wir glauben, daß es heute auf der höchsten Führungsebene in einem beachtlichen Spektrum der religiösen Traditionen einen Konsens darüber gibt, daß die Unversehrtheit der Umwelt und der gerechte Umgang mit ihr für gläubige Menschen einen höchsten Stellenwert haben müssen. Die Resonanz auf dieses Thema kann und muß traditionelle religiöse und politische Grenzen überschreiten. Sie hat das Potential, das religiöse Leben zu einen und zu erneuern.«

Die letzte Formulierung des mittleren Absatzes stellt einen gewundenen Kompromiß mit der römisch-katholischen Delegation dar, die nicht nur gegen die Beschreibung von Methoden zur Geburtenkontrolle war, sondern sogar gegen die Verwendung des Wortes »Geburtenkontrolle«.

Im Jahre 1993 war aus dem »Gemeinsamen Aufruf« die »Nationale Religiöse Partnerschaft für die

Umwelt« geworden, eine Koalition von Katholiken, Juden, den Hauptströmungen der Protestanten, östlichen Orthodoxen, der historischen Kirche der Schwarzen und der evangelischen Christengemeinden. Mit Hilfe von Material, das vom Wissenschaftsbüro der Partnerschaft erstellt wurde, üben die beteiligten Gruppen inzwischen – individuell wie kollektiv – erheblichen Einfluß aus. Viele religiöse Gemeinschaften, die zuvor keine nationalen Umweltprogramme oder -büros hatten, gelten inzwischen als »voll engagiert für diese Sache«. Handbücher über umweltorientiertes Bewußtsein und Handeln haben über 100.000 religiöse Gemeinden erreicht, die mehr als zehn Millionen Amerikaner repräsentieren. Tausende von führenden Geistlichen und Laien haben an einer regionalen Ausbildung teilgenommen, und nachweislich hat es bereits Tausende von Umweltinitiativen von Gemeinden gegeben. Man hat auf den Gesetzgeber auf staatlicher wie auf nationaler Ebene eingewirkt, die Medien informiert, Seminaristen mit Informationen versorgt, Predigten gehalten. Dazu ein mehr oder weniger beliebiges Beispiel: Im Januar 1996 ist das Evangelical Environmental Network – innerhalb der Partnerschaft die konstituierende Organisation der evangelischen Christengemeinde – beim Kongreß vorstellig geworden, um das Gesetz für die Erhaltung gefährdeter Arten (das seinerseits gefährdet ist) zu unterstützen. Mit welcher Begründung? Ein Sprecher erklärte, die evangelischen Christen seien zwar »keine Wissenschaftler«, könnten aber mit einem theologischen Argument aufwarten: Gesetze zum Schutz gefährdeter Arten seien »die Arche Noah

unserer Zeit«. Die Grundaussage der Partnerschaft, »daß der Umweltschutz heute eine zentrale Komponente des religiösen Lebens sein muß«, wird offenbar allgemein akzeptiert. Es gibt eine wichtige Initiative, die die Partnerschaft noch nicht in Angriff genommen hat, nämlich Gemeindemitglieder anzusprechen, die leitende Mitarbeiter in bedeutenden Industriebranchen sind, die die Umwelt beeinflussen. Ich hoffe sehr, daß dies noch geschehen wird. Die gegenwärtige weltweite Umweltkrise ist noch keine Katastrophe. Noch nicht. Wie jede andere Krise hat sie das Potential, zuvor unerschlossene und sogar unvorstellbare Energien in bezug auf Kooperation, Einfallsreichtum und Engagement zu wecken. Wissenschaft und Religion mögen unterschiedlicher Ansicht darüber sein, wie die Erde entstand, aber wir können uns darauf verständigen, daß ihr Schutz unsere ganze Aufmerksamkeit und liebende Fürsorge wert ist.

Hier folgt der Text »Erhaltung und Pflege der Erde – ein Aufruf zum gemeinsamen Engagement von Wissenschaft und Religion«, den Wissenschaftler im Januar 1990 an Religionsführer geschickt haben.

DER AUFRUF

Die Erde ist der Geburtsort unserer Spezies und, so weit wir wissen, unsere einzige Heimat. Als wir noch wenige waren und unsere Technik schwach entwickelt war, da besaßen wir keine Macht, um Einfluß auf die Umwelt zu nehmen. Aber heute ist unsere Zahl plötzlich, fast unbemerkt, riesengroß geworden, und

unsere Technik hat gewaltige, ja furchteinflößende Kräfte entfesselt. Gewollt oder ungewollt sind wir inzwischen in der Lage, verheerende Veränderungen in der globalen Umwelt herbeizuführen – einer Umwelt, der wir und all die anderen Lebewesen, mit denen wir die Erde teilen, vorzüglich angepaßt sind.

Heute bedrohen uns von uns selbst verursachte, rasch voranschreitende Umweltveränderungen, deren langfristige biologische und ökologische Folgen wir schrecklicherweise noch immer ignorieren – der Abbau der schützenden Ozonschicht, eine globale Erwärmung, wie es sie in den letzten 150.000 Jahren nicht gegeben hat, die Vernichtung von 4000 Quadratmeter Wald pro Sekunde, die rasante Auslöschung der Arten und die Aussicht auf einen globalen Atomkrieg, der den größten Teil der Erdbevölkerung gefährden würde. Es kann durchaus noch andere derartige Gefahren geben, deren wir uns in unserer Ignoranz noch gar nicht bewußt sind. Jede für sich und alle zusammen stellen sie eine Falle für die Spezies Mensch dar, eine Falle, die wir uns selbst gestellt haben. So prinzipientreu und hochmütig (oder naiv und kurzsichtig) wir die Handlungen, die diese Gefahren herbeigeführt haben, auch immer gerechtfertigt haben mögen, so bedrohen sie nun getrennt und zusammen unsere Spezies und viele andere Arten. Wir sind kurz davor – viele Menschen würden behaupten, wir seien bereits dabei –, das zu begehen, was in der Sprache der Religion zuweilen Verbrechen gegen die Schöpfung genannt wird.

Ihrem ganzen Wesen nach sind diese Anschläge auf die Umwelt nicht von einer einzigen politischen Gruppe oder einer einzigen Generation verursacht

worden. Sie gehen über Nationen, Generationen und Ideologien hinaus. Das gilt auch für alle denkbaren Lösungen. Um diesen Fallen zu entkommen, ist eine Perspektive erforderlich, die alle Menschen des Planeten und alle künftigen Generationen umfaßt.

Wir müssen uns darüber im klaren sein, daß Probleme von einer derartigen Größenordnung und Lösungen, die eine so weite Perspektive erfordern, von Anfang an eine ebenso religiöse wie wissenschaftliche Dimension haben. Im Bewußtsein unserer gemeinsamen Verantwortung appellieren wir Wissenschaftler – die wir uns großenteils schon lange für die Bekämpfung der Umweltkrise engagieren – dringend an die religiösen Gemeinschaften dieser Welt, sich in Wort und Tat und so mutig, wie es erforderlich ist, für die Erhaltung der Umwelt einzusetzen. Einige der Möglichkeiten, diesen Gefahren kurzfristig zu begegnen – wie größere Energieeffizienz, das rasche Verbot der Chlorfluorkohlenstoffe oder bescheidene Verringerungen der Kernwaffenarsenale –, sind verhältnismäßig einfach zu realisieren und auf einer gewissen Ebene bereits umgesetzt worden. Aber andere, weitreichendere, langfristige, effektivere Vorgehensweisen werden auf weitverbreitete Trägheit, Verleugnung und Widerstand stoßen. Zu dieser Kategorie gehören der Umbau der Energiewirtschaft von fossilen Brennstoffen auf umweltverträgliche Brennstoffe, die rasche Einstellung des Kernwaffenwettrüstens und ein freiwilliger Stopp des Weltbevölkerungswachstums – ohne all dies werden viele andere Ansätze zur Erhaltung der Umwelt wieder aufgehoben. Hinsichtlich der Fragen des

Friedens, der Menschenrechte und der sozialen Gerechtigkeit können religiöse Institutionen ebenfalls eine starke Kraft darstellen, die nationale und internationale Initiativen auf dem privaten wie dem öffentlichen Sektor sowie in den unterschiedlichen Welten des Handels, der Bildung, der Kultur und der Massenkommunikation fördert.

Die Umweltkrise erfordert radikale Veränderungen nicht nur in der öffentlichen Politik, sondern auch im individuellen Verhalten. Die Geschichte zeigt, daß die religiösen Lehren und religiöse Führer das persönliche Verhalten und Engagement nachhaltig beeinflussen können.

Viele von uns Wissenschaftlern haben tiefreichende Erfahrungen gemacht, die uns die Ehrfurcht vor dem Universum gelehrt haben. Wir wissen, daß das, was als heilig angesehen wird, eher mit Sorgfalt und Achtung behandelt wird. Die Bemühungen zum Schutz und zur Pflege der Umwelt müssen die Vorstellung vermitteln, daß sie wie etwas Heiliges behandelt werden muß. Gleichzeitig ist ein viel umfassenderes und tieferes Verständnis von Wissenschaft und Technik erforderlich. Wenn wir das Problem nicht verstehen, werden wir es wahrscheinlich nicht beheben können. Auf diese Weise spielen Religion wie Wissenschaft bei unserem Anliegen eine zentrale Rolle. Wir wissen, daß sich Ihre Konzilien und Gemeinden bereits nachhaltig für das Wohl und Wehe der Umwelt unseres Planeten interessieren. Wir hoffen, daß dieser Aufruf eine positive Stimmung für die gemeinsame Sache und für ein vereintes Handeln fördern und damit dazu beitragen wird, die Erde zu erhalten.

Die Antwort auf diesen Aufruf der Wissenschaftler zur Erhaltung der Umwelt wurde kurz darauf von Hunderten geistiger Führer aus 83 Ländern unterzeichnet, unter anderem auch von 37 Oberhäuptern nationaler und internationaler religiöser Gremien. Dazu zählten die Generalsekretäre der Islamischen Weltliga und des Weltkirchenrats, der Vizepräsident des Jüdischen Weltkongresses, der Patriarch der Armenischen Kirche, der Metropolit Pitirim von Rußland, die Großmuftis von Syrien und des ehemaligen Jugoslawien, die leitenden Bischöfe aller christlichen Kirchen Chinas und der episkopalen, lutherischen, methodistischen und mennonitischen Kirchen in den USA sowie fünfzig Kardinäle, Lamas, Erzbischöfe, Oberrabbiner, Patriarchen, Mullahs und Bischöfe großer Weltstädte. Sie haben erklärt:

Wir sind vom Geist des Aufrufs bewegt und fühlen uns durch seinen Inhalt herausgefordert. Auch wir empfinden dieses Gefühl der Dringlichkeit. Diese Einladung zur Zusammenarbeit markiert einen einzigartigen Augenblick und eine große Chance in der Beziehung von Wissenschaft und Religion. Viele Mitglieder der religiösen Gemeinschaft haben als Reaktion zunehmend alarmierende Berichte über Gefahren für das Wohlergehen der Umwelt unseres Planeten geliefert, wie sie im Aufruf dargelegt wurden. Die wissenschaftliche Gemeinde hat der Menschheit einen großen Dienst erwiesen, indem sie Beweise für diese Gefahren vorgelegt hat. Wir treten für eine fortgesetzte kompromißlose Untersuchung ein und müssen deren Ergebnisse in all unsere Überlegungen und Erklärungen zur Lage der

Menschheit einbeziehen.

Wir glauben, daß die Umweltkrise im Innersten religiöser Natur ist. Alle Glaubenstraditionen und -lehren unterweisen uns ganz entschieden darin, die Welt der Natur zu verehren und zu lieben. Doch die heilige Schöpfung wird geschändet und ist aufgrund seit langem praktizierter menschlicher Verhaltensfehler in höchster Gefahr. Eine Reaktion von Seiten der Religion ist unabdingbar, um diesen so lange schon bestehenden Verhaltensmustern von Vernachlässigung und Ausbeutung zu begegnen. Aus diesen Gründen begrüßen wir den »Aufruf« der Wissenschaftler und sind nur zu gern bereit, so bald wie möglich konkrete, spezielle Formen der Zusammenarbeit und des Handelns auszuloten. Die Erde selbst verlangt von uns neue Standards des gemeinsamen Engagements.

Dritter Teil



Herz kontra Verstand

Der gemeinsame Feind

»Ich bin kein Pessimist. Das Böse dort zu erkennen, wo es existiert, ist meiner Meinung nach eine Form von Optimismus.«

Roberto Rosselini

»Erst innerhalb des kurzen Augenblicks, den das jetzige Jahrhundert darstellt, hat eine Spezies – der Mensch – erhebliche Macht erlangt, die Natur der Welt zu verändern.«

Rachel Carson,
Der stumme Frühling (1962)

Einleitung

Im Jahre 1988 bekam ich eine einmalige Chance. Ich wurde aufgefordert, einen Artikel über das Verhältnis zwischen den USA und der damaligen Sowjetunion zu schreiben, der mehr oder weniger gleichzeitig in den am meisten verbreiteten Publikationsorganen beider Länder veröffentlicht werden sollte. Damals unternahm Michail Gorbatschow gerade seine ersten Vorstöße, den Sowjetbürgern das Recht auf Meinungsfreiheit zu geben. Für einige Beobachter war dies eine Zeit, in der die Administration von Ronald Reagan ihre vom Kalten Krieg geprägte Haltung

allmählich modifizierte. Ich dachte, ein derartiger Artikel könnte vielleicht etwas Gutes bewirken. Überdies hatte Mr. Reagan auf einem Gipfeltreffen bemerkt, falls die Gefahr einer Invasion durch Außerirdische bestünde, würde es den USA und der Sowjetunion vielleicht leichter fallen, miteinander zusammenzuarbeiten. Damit glaubte ich, einen Aufhänger für meinen Artikel gefunden zu haben. Er sollte die Bürger beider Länder provozieren, und daher verlangte ich von beiden Seiten die Zusicherung, daß es keine Zensur gäbe. Der Herausgeber von *Parade*, Walter Anderson, ebenso wie der Herausgeber von *Ogonjok*, Witalij Korotitsch, waren gern dazu bereit. So erschien denn der Artikel unter der Überschrift »Der gemeinsame Feind« am 7. Februar 1988 in *Parade* und in *Ogonjok* in der Ausgabe vom 12.-19. März 1988. Anschließend wurde er im *Congressional Record* nachgedruckt, 1989 wurde er mit dem Olive Branch Award der New York University ausgezeichnet und in beiden Ländern auf breiter Basis diskutiert. Die kontroversen Themen des Artikels wurden von *Parade* mit diesem Vorspann offen angesprochen:

»Der folgende Artikel, der auch in voller Länge in *Ogonjok*, der populärsten Zeitschrift in der Sowjetunion, erscheinen soll, befaßt sich mit dem Verhältnis unserer beider Nationen. Die Bürger beider Länder mögen einige von Carl Sagans Erkenntnissen für unbequem und sogar für provokativ halten, weil er im Grunde populäre Ansichten über die Geschichte beider Nationen in Frage stellt. Die Herausgeber von *Parade* hoffen, daß diese Analyse, wie sie hier und in der Sowjetunion zu lesen ist, einen ersten Schritt zur

Erreichung genau der Ziele darstellt, die der Autor schildert.«

Aber selbst in der sich liberalisierenden Sowjetunion von 1988 waren die Dinge nicht annähernd so einfach. Korotitsch hatte die Katze im Sack gekauft, und als er meine kritischen Bemerkungen über die sowjetische Geschichte und Politik las, fühlte er sich verpflichtet, den Rat einer höheren Autorität einzuholen. Die Verantwortung für den Inhalt des Artikels, wie er in *Ogonjok* erschien, scheint letztlich bei Dr. Georgi Arbatow gelegen zu haben – dem Direktor des Instituts für die USA und Kanada an der damaligen Sowjetischen Akademie der Wissenschaften, einem Mitglied des Zentralkomitees der KPdSU und engen Berater von Gorbatschow. Arbatow und ich hatten privat mehrere politische Gespräche miteinander geführt, die mich in ihrer Offenheit und Freimütigkeit überrascht hatten. Während es in einer Hinsicht erfreulich ist zu sehen, wieviel von dem Text unangetastet geblieben war, ist es doch auch lehrreich festzustellen, welche Änderungen vorgenommen worden waren, welche Gedanken für zu gefährlich für den sowjetischen Durchschnittsbürger gehalten wurden. Daher führe ich am Ende des Artikels die interessantesten Änderungen auf. Sie stellen eindeutig eine Zensur dar.

Der Artikel

Falls uns eine Invasion Außerirdischer bevorstünde, sagte der amerikanische Präsident zum sowjetischen Generalsekretär – dann könnten sich unsere beiden

Länder gegen den gemeinsamen Feind verbünden. Es gibt in der Tat viele Beispiele dafür, daß Todfeinde, die einander seit Generationen an die Gurgel gehen, ihre Differenzen beilegen, um einer noch ärgeren Drohung zu begegnen: Die griechischen Stadtstaaten verbündeten sich gegen die Perser, die Russen und die Polowzer (die einst Kiew geplündert hatten) gegen die Mongolen oder – ein naheliegendes Beispiel – die Amerikaner und die Sowjets gegen die Nazis. Eine Invasion Außerirdischer ist natürlich unwahrscheinlich. Aber es gibt tatsächlich einen gemeinsamen Feind – eigentlich eine ganze Reihe gemeinsamer Feinde, wobei einige eine noch nie dagewesene Bedrohung darstellen, die jeweils einzigartig für unsere Zeit ist. Sie erwachsen uns aus unseren zunehmenden technischen Möglichkeiten und aus unserer Abneigung, auf kurzfristige Vorteile zugunsten des langfristigen Wohlergehens unserer Spezies zu verzichten. Der einst unschuldige Akt, Kohle und andere fossile Brennstoffe zu verbrennen, verstärkt inzwischen den Kohlendioxid-Treibhauseffekt und läßt die Temperatur der Erde ansteigen, so daß nach einigen Hochrechnungen der amerikanische Mittlere Westen und die sowjetische Ukraine – gegenwärtig die Kornkammern der Welt – sich in weniger als einem Jahrhundert in Trockensteppen verwandelt haben könnten. Inaktive, anscheinend harmlose Gase, wie sie zur Kühlung verwendet werden, dünnen die schützende Ozonschicht aus; dadurch nimmt die tödliche ultraviolette Strahlung der Sonne, die die Erdoberfläche erreicht, zu und vernichtet riesige Mengen ungeschützter Mikroorganismen, die sich an der Basis

einer von uns noch kaum richtig verstandenen Nahrungskette befinden – an deren Spitze wir uns auf zunehmend schwankendem Grund befinden. Die Umweltverschmutzung durch amerikanische Industrien vernichtet Wälder in Kanada. Ein Unfall in einem sowjetischen Kernreaktor gefährdet die alte Kultur von Lappland. Verheerende Epidemien breiten sich weltweit aus, beschleunigt durch den modernen Verkehr. Und fast unvermeidlich scheint, daß es weitere Gefahren geben wird, die wir mit unserer üblichen trüben, kurzsichtigen Optik noch nicht einmal entdeckt haben.

Das atomare Wettrüsten, das von den USA und der Sowjetunion gemeinsam gestartet wurde, hat inzwischen den Planeten mit rund 60.000 Kernwaffen in eine tödliche Falle gebracht – mehr als genug, um beide Nationen auszulöschen, die globale Zivilisation zu gefährden und vielleicht sogar das Jahrmillionen währende Experiment Menschheit zu beenden. Ungeachtet aller entrüsteten Beteuerungen friedlicher Absichten und feierlichen vertraglichen Verpflichtungen, das atomare Wettrüsten zu stoppen, gelingt es den USA und der Sowjetunion noch immer irgendwie, jedes Jahr genug neue Kernwaffen zu bauen, um jede größere Stadt auf dem Planeten zu zerstören. Wenn man sie ersucht, sich zu rechtfertigen, weisen sie mit vollem Ernst jeweils auf den anderen. Nach der Explosion der Raumfähre Challenger und dem Unfall im Kernkraftwerk Tschernobyl wissen wir, daß es im High-Tech-Bereich zu katastrophalem Versagen kommen kann, auch wenn wir noch soviel dagegen unternehmen. Im Jahrhundert von Hitler müssen wir erkennen, daß

Wahnsinnige die absolute Kontrolle über moderne Industriestaaten erlangen können. Es ist nur eine Frage der Zeit, bis es zu einem unvorhergesehenen Fehler in der Massenvernichtungsmaschinerie, zu einer entscheidenden Kommunikationsstörung oder zu einer emotionalen Krise einer längst überlasteten politischen Führungspersönlichkeit kommt. Alles in allem investiert die Spezies Mensch fast eine Billion Dollar pro Jahr, größtenteils in den USA und der Sowjetunion, in Vorbereitungen zur Einschüchterung des potentiellen Gegners und in mögliche Kriege. Vielleicht gäbe es selbst für böswillige Außerirdische kaum einen Grund, die Erde anzugreifen; vielleicht könnten sie es für ratsamer halten, sich einfach nur für kurze Zeit zu gedulden und darauf zu warten, daß wir uns selbst vernichten. Wir sind in Gefahr. Wir brauchen keine außerirdischen Invasoren. Wir haben ganz allein genügend Gefahren heraufbeschworen. Aber es sind unsichtbare Gefahren, scheinbar weit entfernt vom Alltagsleben, für deren Verständnis ein sorgfältiges Nachdenken erforderlich ist und die mit durchsichtigen Gasen, unsichtbarer Strahlung und Kernwaffen zu tun haben, deren Anwendung eigentlich fast noch niemand erlebt hat. Es sind keine bekannten Gefahren wie die einer fremden Armee, die auf Plündern, Versklaven, Vergewaltigen und Morden aus ist. Deshalb ist es schwerer, unsere gemeinsamen Feinde zu personifizieren, sie zu hassen, als einen Schah-in-Schah, einen Khan oder einen Führer. Und wenn wir uns gegen diese neuen Feinde verbünden wollen, müssen wir Mut zur Selbsterkenntnis haben, denn wir selbst – alle Länder der Erde, aber besonders die USA und die Sowjetunion – tragen die

Verantwortung für die Gefahren, denen wir uns heute gegenübersehen.

Unsere beiden Länder sind wie Teppiche, die aus einer großen Vielfalt ethnischer und kultureller Fäden gewebt sind. In militärischer Hinsicht sind wir die mächtigsten Nationen auf Erden. Wir vertreten die These, daß Wissenschaft und Technik allen Menschen ein besseres Leben geben können. Gemeinsam glauben wir fest daran, daß das Volk ein Recht habe, über sich selbst zu herrschen. Unsere Regierungssysteme wurden in historischen Revolutionen gegen Ungerechtigkeit, Despotismus, Inkompetenz und Aberglauben geboren. Wir stammen von Revolutionären ab, die das Unmögliche geschafft haben: uns von Tyranneien zu befreien, die jahrhundertlang fest verwurzelt waren und als gottgewollt galten. Was wird nötig sein, um uns aus der Falle zu befreien, die wir uns selbst gestellt haben? Jede Seite hat eine lange Liste von zutiefst übelgenommenen Verfehlungen der anderen Seite – wobei einige eingebildet, die meisten aber in unterschiedlichem Maße real sind. Jedesmal, wenn es einen Übergriff von einer Seite gibt, kann man sicher sein, daß es einen kompensatorischen Übergriff von der anderen Seite geben wird. Beide Nationen sind erfüllt von verletztem Stolz und angeblicher moralischer Rechtschaffenheit. Jede kennt bis ins kleinste Detail auch die kleinsten Übeltaten der anderen, nimmt aber kaum jemals die eigenen Sünden und das Leiden wahr, das die eigene Politik verursacht hat. Auf jeder Seite gibt es natürlich gute und ehrliche Menschen, die die Gefahren erkennen, die ihre nationale Politik heraufbeschworen hat –

Menschen, die sich aus elementarem Anstand heraus und um des simplen Überlebens willen danach sehnen, die Dinge in Ordnung zu bringen. Aber es gibt auch auf beiden Seiten Menschen, die von Haß und Angst erfüllt sind, die bewußt von der jeweiligen Propaganda aufgehetzt werden, Menschen, die glauben, ihre Gegner seien nicht zu retten, Menschen, die die Konfrontation suchen. Die Hardliner auf beiden Seiten ermutigen einander. Sie verdanken einander ihre Glaubwürdigkeit und ihre Macht. Sie brauchen einander. Sie sind in einer tödlichen Umklammerung gefangen. Wenn niemand anderes, weder Außerirdische noch Menschen, uns aus dieser tödlichen Umklammerung herausholen kann, dann gibt es nur noch eine Möglichkeit: Wie schmerzhaft dies auch sein mag – wir werden es selbst tun müssen. Ein guter Anfang dazu ist die Untersuchung der historischen Fakten, wie sie von der anderen Seite her betrachtet werden könnten – oder von der Nachwelt, wenn es denn eine gibt. Stellen wir uns zunächst einen sowjetischen Betrachter vor, der sich einige Ereignisse aus der amerikanischen Geschichte vornimmt: Die auf Freiheitsprinzipien begründeten USA waren das letzte große Land, das die Sklaverei abschaffte; viele ihrer Gründerväter – George Washington und Thomas Jefferson etwa – waren Sklavenhalter; und noch ein Jahrhundert nach der Befreiung der Sklaven genoß der Rassismus gesetzlichen Schutz. Die USA haben über dreihundert Verträge, in denen sie die Rechte der Ureinwohner des Landes garantierten, systematisch verletzt. 1899, zwei Jahre bevor Theodore Roosevelt Präsident wurde, empfahl er in einer allgemein bewunderten

Rede einen »gerechten Krieg« als einziges Mittel zur Erlangung »nationaler Größe«. Amerikanische Soldaten haben im Rahmen alliierter Streitkräfte vergeblich versucht, die bolschewistische Revolution rückgängig zu machen. Die USA haben die Kernwaffen erfunden und sie als erstes und einziges Land gegen eine Zivilbevölkerung eingesetzt – wobei Hunderttausende Männer, Frauen und Kinder umgebracht wurden. Die USA hatten Operationspläne für die atomare Vernichtung der Sowjetunion noch bevor es eine sowjetische Kernwaffe gab, und sie sind führend bei den Innovationen im anhaltenden atomaren Wettrüsten. Zu den vielen Widersprüchen zwischen Theorie und Praxis in den USA zählt in neuerer Zeit auch die mit großem moralischem Pathos vorgetragene Mahnung der [Reagan-] Regierung gegenüber ihren Verbündeten, keine Waffen an das Terrorregime des Iran zu verkaufen, während sie insgeheim genau solche Geschäfte tätigt; da werden weltweit verdeckte Kriege im Namen der Demokratie geführt, während die US-Regierung sich gegen effektive Wirtschaftssanktionen gegen ein südafrikanisches Regime wehrt, das der überwiegenden Mehrheit seiner Bürger keine politischen Rechte zugesteht; die USA entrüsten sich über das Verminen des Persischen Golfs durch den Iran – dies sei eine Verletzung des Völkerrechts –, während sie ihrerseits nicaraguanische Häfen verminen und sich anschließend der Gerichtsbarkeit des internationalen Gerichtshofs entziehen; da wird Libyen wegen der Ermordung von Kindern gebrandmarkt – und dann töten die Amerikaner zur Vergeltung ihrerseits Kinder; sie beklagen sich über die Sowjetunion wegen

der Verfolgung von Minderheiten, während in Amerika mehr junge schwarze Männer im Gefängnis als auf dem College sind. Das alles läßt sich nicht einfach als gehässige sowjetische Propaganda abtun. Selbst gegenüber den USA positiv eingestellte Menschen können ernsthafte Vorbehalte gegenüber ihren wahren Absichten haben, besonders wenn Amerikaner nur widerwillig die unangenehmen Tatsachen ihrer Geschichte akzeptieren. Stellen wir uns nun einen westlichen Beobachter vor, der einige Ereignisse in der sowjetischen Geschichte betrachtet. Marschall Tuchatschewskis Marschbefehl vom 2. Juli 1920 lautete: »Mit unseren Bajonetten werden wir der geplagten Menschheit Frieden und Glück bringen. Vorwärts gen Westen!« Kurz darauf bemerkte W. I. Lenin im Gespräch mit französischen Delegierten: »Ja, sowjetische Truppen sind in Warschau. Bald wird Deutschland unser sein. Wir werden Ungarn zurückerobern. Die Balkanländer werden sich gegen den Kapitalismus erheben. Italien wird zittern. Das bourgeoise Europa wird bei diesem Ansturm aus den Fugen gehen.« Dann denken wir an die Millionen sowjetischer Bürger, die durch Stalins Willkürpolitik in den Jahren zwischen 1929 und dem Zweiten Weltkrieg umkamen – bei der Zwangskollektivierung, der Massendeportation von Bauern, bei der daraus folgenden Hungersnot von 1932/33 und bei den großen Säuberungen (bei denen fast die gesamte Hierarchie der kommunistischen Partei im Alter von über fünfunddreißig Jahren verhaftet und hingerichtet und in deren Verlauf stolz eine neue Verfassung verkündet wurde, die angeblich die Rechte der Sowjetbürger sichern würde). Erinnern wir uns

sodann an die Schwächung der Roten Armee durch Stalin, an das geheime Zusatzprotokoll seines Nichtangriffspakts mit Hitler und an seine Weigerung, an einen Überfall der Nazis auf die UdSSR zu glauben, auch dann noch, als er längst begonnen hatte – und an die vielen Millionen, die anschließend getötet wurden. Man denke an die sowjetischen Beschränkungen bürgerlicher Freiheiten wie der Redefreiheit und des Rechts auf Auswanderung und den anhaltenden endemischen Antisemitismus und die Glaubensverfolgungen. Wenn sich dann, kurz nach der Errichtung der Sowjetunion, Ihre höchsten militärischen und zivilen Führer mit ihren Absichten großtun, benachbarte Staaten zu überfallen, wenn Ihr absoluter Führer während fast der Hälfte seiner Regierungszeit jemand ist, der methodisch Millionen Menschen aus seinem eigenen Volk umbringen ließ, wenn selbst heute noch Ihre Münzen Ihr nationales Symbol zeigen, das sich über die ganze Welt erstreckt – dann können Sie verstehen, daß Bürger anderer Länder, selbst wenn sie zu Friedfertigkeit und Leichtgläubigkeit neigen, skeptisch sein könnten, was Ihre gegenwärtigen guten Absichten betrifft, so ehrlich und aufrichtig sie auch sein mögen. Das alles läßt sich auch nicht einfach als gehässige amerikanische Propaganda abtun. Das Problem wird nur noch schlimmer, wenn Sie so tun, als wäre all das nie passiert.

»Keine Nation kann frei sein, wenn sie andere Nationen unterdrückt«, schrieb Friedrich Engels. Auf der Londoner Konferenz von 1903 sprach sich Lenin für das »vollständige Recht auf Selbstbestimmung für alle Nationen« aus. Die gleichen Prinzipien wurden

fast exakt im selben Wortlaut von Woodrow Wilson und vielen anderen amerikanischen Staatsmännern artikuliert. Aber bei beiden Ländern sprechen die Fakten eine andere Sprache. Die Sowjetunion hat Lettland, Litauen, Estland sowie Teile von Finnland, Polen und Rumänien annektiert; sie hat Polen, Rumänien, Ungarn, die Mongolei, Bulgarien, die Tschechoslowakei, Ostdeutschland und Afghanistan besetzt und unter kommunistische Kontrolle gebracht und den ostdeutschen Arbeiteraufstand von 1953, die ungarische Revolution von 1956 sowie den Versuch der Tschechen unterdrückt, bereits im Jahre 1968 *Glasnost* und *Perestroika* einzuführen. Von den beiden Weltkriegen und von Expeditionen zur Niederschlagung der Piraterie oder des Sklavenhandels abgesehen, haben die USA bewaffnete Überfälle und Interventionen in anderen Länder bei über 130 verschiedenen Gelegenheiten durchgeführt* – in China (bei achtzehn verschiedenen Gelegenheiten), Mexiko (dreizehn), Nicaragua und Panama (jeweils neun), Honduras (sieben), Kolumbien und Türkei (jeweils sechs), in der Dominikanischen Republik, Korea und Japan (jeweils fünf), Argentinien, Kuba, Haiti, im Königreich Hawaii und auf Samoa (jeweils vier), in Uruguay und auf den Fidschi-Inseln (jeweils drei), in Guatemala, im Libanon, in der Sowjetunion und auf Sumatra (jeweils zwei) sowie je einmal auf Grenada und Puerto Rico, in Brasilien, Chile, Marokko, Ägypten, Elfenbeinküste, Syrien, Irak, Peru, auf Formosa, auf den Philippinen, in Kambo-

* Diese Aufzählung, die einige Überraschung hervorrief, als sie in Amerika veröffentlicht wurde, beruht auf einer Zusammenstellung durch das House Armed Services Committee, den Militärausschuß des Repräsentantenhauses.

dscha, Laos und Vietnam. Die meisten dieser Einfälle waren militärisch überschaubare Aktionen, um willfährige Regimes am Ruder zu halten oder amerikanischen Besitz und amerikanische Geschäftsinteressen zu schützen; aber einige waren viel größer, ausgedehnter und brachten weitaus mehr Verluste. Bewaffnete US-Streitkräfte haben in Lateinamerika nicht nur vor der bolschewistischen Revolution interveniert, sondern bereits vor dem Kommunistischen Manifest – und damit läßt sich die amerikanische Intervention in Nicaragua nicht mehr so leicht als antikommunistischer Freiheitskampf rechtfertigen; die Schwäche dieser Argumentation wäre allerdings offensichtlicher, hätte die Sowjetunion nicht die Gewohnheit gehabt, sich andere Länder einzuverleiben. Bei der amerikanischen Invasion in Südostasien – in Ländern, die die USA niemals geschädigt oder bedroht hatten – wurden 58.000 Amerikaner und über eine Million Asiaten getötet; die US-Army warf 7,5 Megatonnen Sprengstoff ab und sorgte für ein ökologisches und ökonomisches Chaos, von dem sich die Region noch immer nicht erholt hat. Über 100.000 sowjetische Soldaten haben seit 1979 Afghanistan besetzt – ein Land mit einem geringeren Pro-Kopf-Einkommen als Haiti –, und ihre Greueltaten sind der Öffentlichkeit größtenteils noch nicht bekannt, weil die Sowjets viel erfolgreicher als die Amerikaner unabhängige Berichtstatter aus ihren Kriegsgebieten ausschließen.

Wenn Feindschaft zur Gewohnheit wird, korrumpiert sie und erhält sich selbst. Wenn sie nachläßt, läßt sie sich leicht wiederbeleben, indem wir

uns an vergangene Missetaten erinnern, indem wir eine Greuelthat oder einen militärischen Zwischenfall inszenieren, indem wir verkünden, der Gegner habe irgendeine gefährliche neue Waffe eingesetzt, oder indem wir uns einfach in die Innenpolitik des Gegners einmischen und die politische Stimmung aufheizen. Für viele Amerikaner ist der Kommunismus gleichbedeutend mit Armut, Rückständigkeit, der Verbannung in den Gulag für alle, die von dem Recht auf freie Meinungsäußerung Gebrauch machen, einer rücksichtslosen Unterdrückung des menschlichen Geistes und der Gier nach Weltherrschaft. Für viele Sowjetbürger ist der Kapitalismus gleichbedeutend mit herzloser und unersättlicher Gier, Rassismus, Krieg, wirtschaftlicher Instabilität und einer weltweiten Verschwörung der Reichen gegen die Armen. Das sind zwar alles oberflächliche Vorurteile, aber im Laufe der Jahre haben die Handlungen der Sowjets und der Amerikaner ihnen eine gewisse Glaubwürdigkeit verliehen. Diese Vorurteile halten sich so hartnäckig, weil sie zum Teil durchaus etwas Wahres enthalten, aber auch weil sie nützlich sind. Wenn es einen unerbittlichen Feind gibt, dann haben Bürokraten eine wohlfeile Ausrede dafür, daß Preise steigen, Konsumgüter nicht erhältlich sind, daß sich das Land nicht am Wettbewerb auf den Weltmärkten beteiligt, daß es so viele Arbeitslose und Obdachlose gibt oder daß die Kritik an der Führung als unpatriotisch gilt und verboten ist – daß Zehntausende von immer verheerenderen Kernwaffen entwickelt werden müssen. Aber wenn der Gegner nicht hinreichend böse ist, läßt sich die Inkompetenz und die mangelhafte Weitsicht von Regierungsbeamten

nicht so ohne weiteres ignorieren. Bürokraten haben ihre Motive, Feinde zu erfinden und ihre Missetaten zu übertreiben.

Jedes Land hat militärische und geheimdienstliche Einrichtungen, die die Gefahr bewerten, welche von der anderen Seite ausgeht. Diese Einrichtungen sind an großen Ausgaben für Militär und Geheimdienst interessiert. Eigentlich müßten sie unablässig ein schlechtes Gewissen haben, denn sie folgen stets ihrem Antriebe, die Fähigkeiten und Absichten des Gegners zu übertreiben. Wenn sie einmal nachgeben, nennen sie es unabdingbare Klugheit; aber wie auch immer sie es nennen – es treibt das Wettrüsten an. Gibt es eine unabhängige öffentliche Einschätzung der Geheimdienstdaten? Nein. Warum nicht? Weil die Daten geheim sind. Wir haben es hier mit einer Maschine zu tun, die sich selbst in Gang hält, eine Art berufsbedingter Dauerverschwörung, die verhindert, daß Spannungen unter ein zulässiges Minimalniveau absinken.

Es liegt auf der Hand, daß viele nationale Institutionen und Dogmen, so nützlich sie einmal gewesen sein mögen, inzwischen dringend einer Veränderung bedürfen. Kein Land ist bereits auf die Welt des 21. Jahrhunderts eingestellt. Die große Aufgabe besteht daher nicht in einer selektiven Verklärung der Vergangenheit oder in der Verteidigung der nationalen Ikonen, sondern darin, daß wir einen Weg finden, der uns durch eine Zeit der großen Gefahren führen wird. Damit uns dies gelingt, brauchen wir jede Hilfe, die wir bekommen können.

Eine zentrale Lehre der Wissenschaft besagt, daß wir versuchen müssen, unseren Verstand von Dogmen

zu befreien und die Freiheit der Veröffentlichung, des Widerspruchs und des Experiments garantieren müssen, wenn wir komplexe oder auch nur einfache Probleme verstehen wollen. Autoritätsargumente sind inakzeptabel. Wir alle sind fehlbar, selbst Führungspersönlichkeiten. Aber auch wenn es noch so klar ist, daß die Kritik um des Fortschritts willen notwendig ist, neigen Regierungen dazu, sich gegen sie zu wehren. Das extremste Beispiel ist Deutschland unter Hitler. Nehmen wir als Beispiel einen Auszug aus einer Rede des Naziführers Rudolf Heß vom 30. Juni 1934: »Ein Mensch ist über jede Kritik erhaben, und das ist der Führer. Weil jeder fühlt und weiß: Er hat immer recht, und er wird immer recht haben. Unser aller Nationalsozialismus ist in bedingungsloser Loyalität verankert, in der Hingabe an den Führer.« Wie praktisch eine derartige Doktrin für nationale Führer ist, wird durch eine Bemerkung Hitlers verdeutlicht: »Was für ein Glück für die, die an der Macht sind, daß die Menschen nicht denken!« Verbreitete intellektuelle und moralische Sanftmut mag zwar kurzfristig für Führer bequem sein, ist aber langfristig für Nationen selbstmörderisch. Eines der Kriterien für die nationale Führung sollte daher die Gabe sein, leidenschaftliche Kritik zu verstehen, zu fördern und konstruktiven Gebrauch von ihr zu machen.

Wenn somit Menschen, die einst durch staatlichen Terror zum Schweigen gebracht und erniedrigt worden sind, nunmehr ihre Meinung äußern können – als unerfahrene libertäre Bürger, die mit den Flügeln schlagen –, finden sie das natürlich aufregend, ebenso wie jeder freiheitsliebende Mensch, der es miterlebt.

Glasnost und *Perestroika* stellen der übrigen Welt das menschliche Antlitz der sowjetischen Gesellschaft zur Schau, das die Politik der Vergangenheit verschleiert hat. Sie bilden Korrekturmechanismen auf allen Ebenen der sowjetischen Gesellschaft. Sie sind unabdingbar für eine gesunde Wirtschaft. Sie lassen echte Verbesserungen in der internationalen Zusammenarbeit zu und ermöglichen eine entscheidende Umkehr im atomaren Wettrüsten. *Glasnost* und *Perestroika* sind daher gut für die Sowjetunion wie für die USA.

Natürlich regt sich in der Sowjetunion auch Widerstand gegen *Glasnost* und *Perestroika*: auf Seiten derer, die nun ihre Fähigkeiten im Wettbewerb beweisen müssen, statt sich in einer lebenslangen Amtszeit bequem einzurichten; bei denen, die die Pflichten der Demokratie nicht gewohnt sind, und bei denen, die sich jahrzehntelang an die Normen gehalten hatten und nun keine Lust haben, sich wegen ihres vergangenen Verhaltens zur Rechenschaft ziehen zu lassen. Und auch in den USA gibt es Gegner von *Glasnost* und *Perestroika*: Die einen behaupten, dies sei ein Trick, um den Westen einzulullen, während die Sowjetunion ihre Kräfte sammle, um ein noch bedrohlicherer Rivale zu werden. Andere bevorzugen die alte Sowjetunion – geschwächt durch ihren Mangel an Demokratie, leicht zu dämonisieren und zu karikieren. Die Amerikaner, die im Hinblick auf ihre eigenen demokratischen Formen lange schon selbstgerecht geworden sind, müssen ebenfalls etwas von *Glasnost* und *Perestroika* lernen. Allein das beunruhigt schon manche US-Bürger. Da so mächtige Kräfte für und gegen die

Reformen angetreten sind, kann niemand wissen, was dabei herauskommt.

Was in beiden Ländern als öffentliche Debatte gilt, erweist sich bei genauerer Untersuchung vorwiegend als Wiederholung nationaler Slogans, als Appell an populäre Vorurteile, versteckte Anspielungen, als Selbstrechtfertigung oder gar als Desinformation, wo Beweise gefragt wären. Die Intelligenz der Bürger wird regelrecht verachtet. Was wir dagegen brauchten, ist das Eingeständnis, daß wir nur wenig darüber wissen, wie wir sicher durch die nächsten Jahrzehnte kommen, der Mut, eine ganze Reihe von Alternativprogrammen zu überprüfen, und vor allem ein Engagement nicht für Dogmen, sondern für Lösungen. Es wird ohnehin schwer genug sein, überhaupt eine Lösung zu finden. Noch viel schwieriger wird es sein, Lösungen zu finden, die vollkommen den politischen Doktrinen des 18. oder 19. Jahrhunderts entsprechen.

Unsere beiden Nationen müssen zusammen herausfinden, welche Veränderungen vorgenommen werden müssen; diese Veränderungen müssen beiden Seiten zugute kommen, und unsere Perspektive muß eine Zukunft jenseits der Amtszeit des nächsten Präsidenten oder des nächsten Fünfjahresplans umfassen. Wir müssen die Militärhaushalte reduzieren, die Lebensstandards anheben, Achtung für das Lernen erwecken, Wissenschaft, Gelehrsamkeit, Erfindungsgeist und Fleiß unterstützen, die unabhängige Untersuchung fördern, innenpolitische Zwänge reduzieren, die Arbeiter stärker in Managemententscheidungen einbeziehen und ehrlichen Respekt und echtes Verständnis füreinander

fördern, die beide aus der Anerkennung unserer gemeinsamen Menschlichkeit und der Gefahr resultieren, in der wir uns alle befinden.

Auch wenn wir in einem noch nie dagewesenen Maß kooperieren müssen, bin ich nicht gegen einen gesunden Wettbewerb. Aber laßt uns konkurrieren, um Möglichkeiten ausfindig zu machen, wie sich das atomare Wettrüsten einstellen und die konventionellen Streitkräfte massiv reduzieren lassen, wie die Korruption auf staatlicher Ebene beseitigt werden und ein Großteil der Welt zu landwirtschaftlichen Selbstversorgern gemacht werden kann. Laßt uns in Kunst und Wissenschaft, in Musik und Literatur, in technischer Innovation konkurrieren. Laßt uns zu einem ehrlichen Wettbewerb antreten. Laßt uns darin konkurrieren, Leiden, Unwissenheit und Krankheit zu lindern und zu beheben, weltweit die nationale Selbstbestimmung zu respektieren, eine Ethik für einen verantwortungsbewußten Umgang mit unserem Planeten zu formulieren und umzusetzen.

Laßt uns voneinander lernen. Kapitalismus und Sozialismus haben einander ein Jahrhundert lang gegenseitig und weitgehend uneingestanden in ihren Methoden und Doktrinen plagiiert. Weder die USA noch die Sowjetunion besitzen ein Monopol auf Wahrheit und Tugend. Ich würde gern erleben, wie wir in der Bereitschaft zur Zusammenarbeit miteinander konkurrieren. In den siebziger Jahren hatten wir außer den Verträgen zur Einschränkung des atomaren Wettrüstens auch einige andere beachtliche Erfolge in der Zusammenarbeit zu verzeichnen: die weltweite Ausmerzung der Pocken, die Bemühungen, Südafrika an der Entwicklung von Kernwaffen zu

hindern, der gemeinsame *Apollo-Sojus*-Raumflug. Heute könnten wir noch viel besser zusammenarbeiten. Laßt uns mit ein paar Projekten beginnen, die zukunftsweisend sein könnten: mit der Linderung des Hungers, besonders in Ländern wie Äthiopien, die Opfer der Rivalität zwischen den Supermächten geworden sind; mit der Erkennung und Bekämpfung langfristiger Umweltveränderungen, die Ergebnisse unserer Technik sind; mit der Fusionsphysik, um eine sichere Energiequelle für die Zukunft zu finden; mit der gemeinsamen Erkundung des Mars, die in der ersten Landung von Menschen – von Sowjets und Amerikanern – auf einem anderen Planeten ihren Höhepunkt finden wird.

Vielleicht werden wir uns ja vernichten. Vielleicht wird der gemeinsame Feind in uns zu stark sein, so daß wir ihn nicht erkennen und überwinden können. Vielleicht wird die Welt auf mittelalterliche oder noch schlimmere Zustände zurückgestutzt werden. Aber ich bin voller Hoffnung. In letzter Zeit gibt es Anzeichen für eine Veränderung – zaghaft noch, aber in der richtigen Richtung und rasch, jedenfalls nach früheren Maßstäben des nationalen Verhaltens. Ist es möglich, daß wir – wir Amerikaner, wir Sowjets, wir Menschen – endlich zur Vernunft kommen und um der Spezies und unseres Planeten willen zusammenarbeiten? Es gibt kein Versprechen. Die Geschichte hat uns diese Last auferlegt. Nun liegt es an uns, eine Zukunft zu errichten, die unserer Kinder und Enkelkinder würdig ist.

Die Zensur

Hier folgen einige der interessanten Änderungen, die an diesem Artikel vorgenommen wurden, bevor er in *Ogonjok* erschien. Die Ziffern beziehen sich auf die einzelnen Absätze. Der zensierte Text ist halbfett hervorgehoben, Auszüge aus dem ursprünglichen Artikel erscheinen in gewöhnlicher Schrift, und der kursiv gesetzte Text in eckigen Klammern gibt meinen Kommentar wieder.

3. ... **die sich an der Basis einer von uns noch kaum richtig verstandenen Nahrungskette befinden – an deren Spitze wir uns auf zunehmend schwankendem Grund befinden.** [*Ohne diesen Nebensatz scheint die Gefahr des Ozonlochs viel geringer zu sein.*]
4. ... jedes Jahr genug neue Kernwaffen zu bauen, um **jede größere Stadt auf dem Planeten** zu zerstören. [*Die hervorgehobenen sechs Wörter wurden durch irgendeine Stadt ersetzt. Aber diese Reduktion der alljährlich produzierten Bomben auf die Stärke einer einzigen Bombe minimiert die atomare Drohung.*]
- 4.... **in einer längst überlasteten politischen Führungspersönlichkeit...** [*Wird das Vertrauen in die Regierung geschwächt, wenn man glaubt, daß der Führer überlastet sein kann?*]
- 4.... **zur Einschüchterung des potentiellen Gegners** und zu möglichen Kriegen.
- 7.... **verletztem Stolz und** angeblicher moralischer Rechtschaffenheit.
7. ... die von Haß und Angst erfüllt sind, **die bewußt von der Propaganda aufgehetzt werden...**

8. ... **1899, zwei Jahre bevor Theodore Roosevelt Präsident wurde**, empfahl er... *[Das ist besonders übel, weil aufgrund dieser Auslassung wahrscheinlich 99 Prozent der sowjetischen Leser glauben werden, hier sei Franklin D. und nicht Theodore Roosevelt zitiert worden.]*
8. ... **Das alles läßt sich nicht einfach als gehässige sowjetische Propaganda abtun.**
9. ...vom 2. Juli...
- 9.... **an das geheime Zusatzprotokoll seines Nichtangriffspakts mit Hitler...**
- 9.... – **und an die vielen Millionen, die anschließend getötet wurden.**
- 11.... **die Schwäche dieser Argumentation wäre allerdings offensichtlicher, hätte die Sowjetunion nicht die Gewohnheit gehabt, sich andere Länder einzuverleiben.**
- 18.... Wenn somit Menschen, die einst **durch staatlichen Terror** zum Schweigen gebracht und erniedrigt worden sind, nunmehr ihre Meinung äußern können – **als unerfahrene libertäre Bürger, die mit den Flügeln schlagen** –, finden sie das natürlich aufregend, ebenso wie jeder **freiheitsliebende Mensch, der es miterlebt**
19. ... und zu karikieren...
20. Was in beiden Ländern als öffentliche Debatte gilt, erweist sich bei genauerer Untersuchung vorwiegend als Wiederholung nationaler Slogans, als Appell an populäre Vorurteile, versteckte Anspielungen, als Selbstrechtfertigung oder gar als Desinformation, wo Beweise gefragt wären. Die Intelligenz der Bürger wird regelrecht verachtet.

- 20.... Es wird ohnehin schwer genug sein, überhaupt eine Lösung zu finden. **Noch viel schwieriger wird es sein, Lösungen zu finden, die vollkommen den politischen Doktrinen des 18. oder 19. Jahrhunderts entsprechen.** [*Der Marxismus ist natürlich eine politische und ökonomische Doktrin des 19. Jahrhunderts.*]
- 23.... haben einander ein Jahrhundert lang gegenseitig **und weitgehend uneingestanden** in ihren Methoden und Doktrinen **plagiiert** Weder die USA noch die Sowjetunion besitzen ein Monopol auf Wahrheit und Tugend.
26. Es **gibt kein Versprechen.** [*Eine der selbstgefälligen, aber unwissenschaftlichen Thesen des orthodoxen Marxismus besagt, daß der letztendliche Triumph des Kommunismus durch unsichtbare historische Kräfte vorherbestimmt ist.*]

Das größte Problem für die Sowjets war das Lenin-Zitat (und implizit das Tuchatschewski-Zitat) im neunten Absatz. Nachdem ich mich trotz wiederholter Anfragen geweigert hatte, diese Zitate zu streichen, ergänzte sie *Ogonjok* um folgende Fußnote: »Die Redaktion von *Ogonjok* hat die relevanten Archive zu Rate gezogen. Allerdings ließ sich in ihnen weder dieses Zitat noch eine andere ähnliche Aussage von Lenin finden. Wir bedauern, daß die Millionen Leser der Zeitschrift *Parade* durch dieses Zitat irregeführt werden, auf dem Carl Sagan seine Schlußfolgerungen aufbaut.« Ich hielt das für einen überflüssigen Seitenhieb. Aber die Zeit verging, neue Archive wurden geöffnet, revidierte geschichtliche Darstellungen wurden zugänglich und akzeptabel,

Lenin wurde entmythologisiert, und das Dilemma löste sich in Nichts auf. In Arbatows Memoiren findet sich die folgende lebenswürdige Anmerkung:

»An dieser Stelle ist eine Entschuldigung angebracht. Als ich 1988 in *Ogonjok* einen Artikel des Astronomen Carl Sagan kommentierte, tat ich seine Schlußfolgerung ab, Tuchatschewskis Kampagne in Polen sei ein Versuch gewesen, die Revolution zu exportieren. Das lag an der üblichen Abwehrreaktion, die ein konditionierter Reflex wurde, sowie an dem Umstand, daß wir uns im Laufe vieler Jahre angewöhnt hatten (bis es schließlich zur zweiten Natur wurde), >unbequeme< Fakten unter den Teppich zu kehren. Ich habe beispielsweise erst vor kurzem diese Seiten unserer Geschichte ohne jede Voreingenommenheit studiert.«

**Die Abtreibungsfrage: Kann man sowohl für die
Erhaltung
des Lebens als auch für die Wahlfreiheit sein?***

Die Menschen lieben es, in extremen Gegensätzen zu denken. Sie formulieren ihre Überzeugungen gern als Entweder-Oder, und dazwischen gibt es für sie keine mittleren Möglichkeiten. Wenn sie gezwungen sind einzusehen, daß man nach den Extremen nicht handeln kann, sind sie dennoch geneigt zu behaupten, daß diese zwar theoretisch richtig seien, aber bei praktischen Fragen Kompromisse vonnöten seien.

John Dewey,
Experience and Education, I (1938)

Die Frage war schon vor Jahren entschieden worden. Das Gericht hatte die goldene Mitte gewählt. Man sollte meinen, daß damit der Streit beendet gewesen wäre. Statt dessen gab es Massenkundgebungen, Bombenanschläge und Einschüchterungsversuche, Mitarbeiter von Abtreibungskliniken wurden ermordet, Menschen verhaftet, die Lobbyisten und die Legislative entfalteten hektische Aktivitäten, es gab

* Dieser Artikel wurde gemeinsam mit Ann Druyan verfaßt. Er ist zuerst in der Zeitschrift *Parade* vom 22. April 1990 unter dem Titel »Die Abtreibungsfrage – eine Suche nach Antworten« erschienen.

Anhörungen vor dem Kongreß und Entscheidungen des Bundesgerichts. Große politische Parteien definierten sich ein Stück weit nach ihrer Einstellung zu dieser Frage, und Geistliche drohten Politikern mit der ewigen Verdammnis. Die Kontrahenten warfen der jeweiligen Gegenseite Heuchelei oder Mord vor. Der Geist der Verfassung und der Wille Gottes wurden gleichermaßen beschworen. Zweifelhafte Argumente wurden als Gewißheiten ausgegeben. Die streitenden Parteien beriefen sich auf die Wissenschaft, um ihre jeweilige Position zu stützen. Familien wurden gespalten, Männer und Frauen beschlossen nicht mehr darüber zu diskutieren, alte Freunde sprachen nicht mehr miteinander. Politiker sahen sich die jüngsten Umfragen an, um ihre Gewissensfreiheit danach auszurichten. Und bei all dem Geschrei hatten und haben die Gegner größte Mühe, einander noch zu hören. Meinungen werden polarisiert. Der Verstand wird abgeschaltet.

Ist es falsch, eine Schwangerschaft abzubrechen? Immer? Manchmal? Nie? Wofür entscheiden wir uns? Wir haben diesen Artikel geschrieben, um die widerstreitenden Ansichten besser zu verstehen und um zu sehen, ob wir selbst eine Position finden könnten, die uns beide befriedigen würde. Gibt es vielleicht gar keine goldene Mitte? Wir mußten die Argumente beider Seiten auf ihre Stichhaltigkeit hin abwägen und Testfälle darstellen, die zum Teil rein hypothetisch sind. Falls wir bei einigen dieser Tests zu weit zu gehen scheinen, bitten wir den Leser um Nachsicht – wir haben nur versucht, die verschiedenen Positionen auf die Spitze zu treiben, um ihre Schwächen zu erkennen und festzustellen, wo

sie versagen.

In nachdenklichen Augenblicken ist sich jeder darüber im klaren, daß die Frage nicht ganz einseitig zu beantworten ist. Viele Befürworter der unterschiedlichen Ansichten, meinen wir, empfinden eine gewisse Unruhe, eine gewisse Unbehaglichkeit, wenn sie mit dem konfrontiert werden, was hinter den Argumenten der Gegenseite steckt. (Dies ist zum Teil der Grund, warum derartige Konfrontationen vermieden werden.) Und gewiß rührt das Problem an tiefgehende Fragen: Welche Verantwortung haben wir füreinander? Sollten wir es zulassen, daß sich der Staat in die intimsten und persönlichsten Angelegenheiten unseres Lebens einmischt? Wo liegen die Grenzen der Freiheit? Was heißt es, Mensch zu sein?

Allgemein wird die Meinung vertreten – besonders in den Medien, die nur selten Zeit oder Lust haben zu differenzieren –, daß es unter den vielen möglichen Standpunkten eigentlich nur zwei gebe: »pro Wahlfreiheit« und »pro Leben«. Ganz verkürzt dargestellt, würde ein Befürworter der Wahlfreiheit behaupten, die Entscheidung für einen Schwangerschaftsabbruch liege einzig und allein bei der Frau – der Staat habe kein Recht, sich einzumischen. Und ein Fürsprecher des Lebens würde behaupten, daß der Embryo oder Fetus vom Augenblick der Empfängnis an lebe, daß dieses Leben uns eine moralische Pflicht auferlege und daß eine Abtreibung einem Mord gleichkomme. Beide Etiketten – pro Wahlfreiheit und pro Leben – wurden nicht zuletzt auch im Hinblick auf eine Beeinflussung jener Menschen gewählt, die sich noch nicht entschieden

haben: Nur wenige Menschen möchten als Gegner der Wahlfreiheit oder als Gegner des Lebens gelten. Ja, Freiheit und Leben sind zwei unserer am höchsten geschätzten Werte, und hier scheinen sie sich in einem fundamentalen Konflikt zu befinden.

Sehen wir uns diese beiden absoluten Positionen der Reihe nach an. Ein neugeborenes Baby ist sicher das gleiche Wesen, das es kurz vor der Geburt war. Vieles spricht dafür, daß ein Fetus in einem späteren Entwicklungsstadium auf Schall reagiert – etwa auf Musik, aber besonders auf die Stimme seiner Mutter. Er kann am Daumen lutschen oder einen Purzelbaum schlagen. Gelegentlich treten bei ihm Muster von Gehirnwellen wie bei Erwachsenen auf. Manche Menschen behaupten, sie könnten sich an ihre Geburt oder gar an die Umgebung im Uterus erinnern. Vielleicht gibt es ein Denken im Mutterleib. Es läßt sich kaum behaupten, daß eine Umwandlung zum vollen Menschsein abrupt im Augenblick der Geburt erfolgt. Warum also sollte es dann Mord sein, ein Kind am Tag nach der Geburt zu töten, aber kein Mord am Tag davor?

In der Praxis spielt das keine große Rolle: Weniger als ein Prozent aller erfaßten Abtreibungen in den USA werden in den letzten drei Schwangerschaftsmonaten verzeichnet (und bei genauer Untersuchung stellt sich heraus, daß die meisten derartigen Berichte auf Fehlgeburten oder Rechenfehlern beruhen). Aber Abtreibungen im letzten Schwangerschaftsdrittel stellen einen Test für die Grenzen des Pro-Wahlfreiheits-Standpunkts dar. Umfaßt das »angeborene Recht einer Frau auf ihren Körper« auch das Recht, einen Fetus kurz vor dem

Zeitpunkt der Geburt zu töten, einen Fetus also, der im Grunde mit einem neugeborenen Kind identisch ist?

Wir glauben, daß viele Abtreibungsbefürworter diese Frage zumindest gelegentlich beunruhigt. Aber sie werfen sie nur widerwillig auf, weil hier ein gefährliches Minenfeld beginnt. Wenn es unzulässig ist, eine Schwangerschaft im neunten Monat abzubrechen, wie steht's dann mit dem achten, siebten, sechsten...? Sobald wir akzeptieren, daß sich der Staat zu irgendeinem Zeitpunkt in die Schwangerschaft einmischen darf – folgt dann nicht daraus, daß sich der Staat jederzeit einmischen darf? Damit wird das Schreckgespenst vorwiegend männlicher, vorwiegend wohlhabender Politiker heraufbeschworen, die armen Frauen sagen, sie müßten Kinder allein austragen und aufziehen, die sie sich gar nicht leisten können. Diese Politiker zwingen Teenager, Kinder auszutragen, auf die sie emotional noch gar nicht eingestellt sind; sie nötigen Frauen, die einen Beruf ergreifen wollen, dazu, auf ihre Träume zu verzichten, zu Hause zu bleiben und Babys aufzuziehen. Und sie – und das ist am schlimmsten – verdammen Opfer von Vergewaltigung und Inzest dazu, den Nachwuchs ihrer Vergewaltiger und Nötiger auszutragen und zu stillen.* Gesetzliche Abtreibungsverbote erwecken den Verdacht, daß

* Zwei der entschiedensten Abtreibungsgegner aller Zeiten waren Hitler und Stalin – die sofort nach ihrer Machtergreifung zuvor legale Abtreibungen unter Strafe stellten. Mussolini, Ceausescu und zahllose andere nationalistische Diktatoren und Tyrannen haben ähnlich gehandelt. Natürlich ist das nicht an sich ein Argument für die Abtreibung, aber es weist uns doch nachdrücklich auf die Möglichkeit hin, daß eine Ablehnung der Abtreibung nicht immer Teil einer tiefempfundenen Verantwortung für das menschliche Leben sein muß.

damit in Wahrheit die Unabhängigkeit und die Sexualität der Frau kontrolliert werden sollen. Warum muß der Gesetzgeber überhaupt irgendein Recht haben, Frauen zu sagen, was sie mit ihrem Körper machen sollen? Der Freiheit zur Abtreibung beraubt zu werden, ist erniedrigend. Die Frauen haben es satt, herumgeschubst zu werden.

Und doch sind wir alle uns darin einig und halten es für richtig, daß Mord verboten und bestraft wird. Es wäre eine dürftige Verteidigung, wenn der Mörder dafür plädierte, der Mord sei nur eine Angelegenheit zwischen ihm und seinem Opfer und gehe den Staat nichts an. Wenn mit einem Fetus wirklich ein Mensch getötet wird, ist es dann nicht die Pflicht des Staates, das zu verhindern? Eine seiner Hauptfunktionen ist es ja, den Schwachen vor dem Starken zu schützen.

Wenn wir nicht gegen eine Abtreibung in *irgendeinem* Stadium der Schwangerschaft sind, besteht dann nicht die Gefahr, daß wir eine ganze Kategorie von Menschen als unseres Schutzes und Respekts unwürdig abtun? Und ist solches hochmütige Verweigern des Schutzes nicht charakteristisch für Sexismus, Rassismus, Nationalismus und religiösen Fanatismus? Sollten all jene Menschen, die sich dafür einsetzen, derartige Ungerechtigkeiten zu bekämpfen, sich nicht entschieden davor hüten, eine weitere Ungerechtigkeit zu begehen?

Heutzutage gibt es in keiner Gesellschaft auf der Erde ein Recht auf Leben, und dies hat es auch noch nie gegeben (von einigen wenigen Ausnahmen abgesehen, wie den Jains in Indien): Wir ziehen Vieh auf, um es zu schlachten, vernichten Wälder, verun-

reinigen Flüsse und Seen, bis keine Fische mehr in ihnen leben können, töten Wild aus sportlichen Gründen, Leoparden wegen ihres Fells und Wale für Dünger, fangen nach Luft ringende und sich windende Delphine in großen Thunfischnetzen, knüppeln Robbenbabys zu Tode und löschen jeden Tag eine Art aus. All diese Tiere und Pflanzen sind so lebendig wie wir. Was (angeblich) geschützt wird, ist nicht *das* Leben, sondern *menschliches* Leben.

Und selbst mit diesem Schutz kommt es in den Großstädten immer wieder zu Morden, und wir führen »konventionelle« Kriege, die so schreckliche Opfer fordern, daß die meisten von uns Angst haben, ernsthaft darüber nachzudenken. (Bezeichnenderweise werden staatlich organisierte Massenmorde oft dadurch gerechtfertigt, daß wir unsere Gegner aufgrund ihrer Rasse, Nationalität, Religion oder Ideologie als »Untermenschen« definieren.) Darüber hinaus wird dieser Schutz, dieses Recht auf Leben den 40.000 Kindern unter fünf Jahren vorenthalten, die jeden Tag auf unserem Planeten keineswegs unvermeidbar infolge von Hunger, Durst, Krankheit und Vernachlässigung sterben.

Jene, die von einem »Recht auf Leben« sprechen, sind nicht für irgendeine Art von Leben, sondern insbesondere und einzig und allein für menschliches Leben. Daher müssen auch sie, wie die Befürworter der Abtreibung, festlegen, was ein menschliches Wesen von anderen Wesen unterscheidet und wann sich während der Schwangerschaft die einzigartigen menschlichen Eigenschaften herausbilden – was immer sie sein mögen. Trotz vieler gegenteiliger Behauptungen beginnt das Leben nicht bei der

Empfängnis: Es ist vielmehr eine ungebrochene Kette, die sich fast bis zum Ursprung der Erde vor viereinhalb Milliarden Jahren erstreckt. Auch *menschliches* Leben beginnt nicht bei der Empfängnis: Es ist eine ungebrochene Kette, die bis zum Ursprung unserer Spezies vor Hunderttausenden von Jahren zurückreicht. Jedes menschliche Spermium und jedes Ei sind ohne den geringsten Zweifel lebendig, aber es sind natürlich keine Menschen. Doch genauso gut könnte behauptet werden, daß auch ein befruchtetes Ei noch kein Mensch ist. Bei manchen Tieren entwickelt sich ein Ei zu einem gesunden ausgewachsenen Tier ohne Mitwirkung einer Spermazelle. Aber dies funktioniert, soweit wir wissen, beim Menschen nicht. Ein Spermium und ein unbefruchtetes Ei enthalten gemeinsam den gesamten genetischen Bauplan für einen Menschen. Unter gewissen Umständen können sie sich nach der Befruchtung zu einem Baby entwickeln. Doch die meisten befruchteten Eier werden spontan abgetrieben. Die Entwicklung zu einem Baby ist also keineswegs garantiert. Weder ein Spermium oder ein Ei für sich allein noch ein befruchtetes Ei sind mehr als ein *potentielles* Baby oder ein *potentieller* Erwachsener. Wenn also ein Spermium und ein Ei so menschlich sind wie das durch ihre Vereinigung erzeugte befruchtete Ei und wenn es Mord ist, ein befruchtetes Ei zu vernichten – ungeachtet der Tatsache, daß es *nur potentiell* ein Baby ist –, warum ist es dann nicht Mord, ein Spermium oder ein Ei zu vernichten?

Hunderte Millionen von Samenzellen (die mit peitschenden Schwänzen ihre Höchstgeschwindigkeit

von zwölf Zentimeter pro Stunde erreichen) werden bei einer durchschnittlichen menschlichen Ejakulation produziert. Ein gesunder junger Mann kann in ein oder zwei Wochen genug Spermatozoen produzieren, um die menschliche Bevölkerung auf der Erde zu verdoppeln. Ist Masturbation also Massenmord? Wie steht's mit Samenergüssen im Schlaf oder schlichtem Sex? Wenn das unbefruchtete Ei jeden Monat ausgestoßen wird, ist dann jemand gestorben? Sollten wir um all jene spontanen Fehlgeburten trauern? Viele niedere Tiere können in einem Laboratorium aus einer einzigen Körperzelle gezüchtet werden. Menschliche Zellen lassen sich klonen (am berühmtesten ist vielleicht der nach der Spenderin Heien Lane benannte HeLa-Klon). Würden wir im Licht einer derartigen Klontechnik Massenmord begehen, wenn wir irgendwelche potentiell klonbaren Zellen vernichten? Indem wir etwa einen Tropfen Blut fallen lassen?

Alle menschlichen Spermien und Eier sind jeweils genetische Hälften »potentieller« Menschen. Sollten wegen dieses »Potentials« heroische Anstrengungen unternommen werden, sie alle und überall zu retten und zu erhalten? Ist es unmoralisch oder kriminell, wenn dies nicht gelingt? Natürlich ist es ein Unterschied, ob ein Leben genommen wird oder ob es mißlingt, es zu retten. Und es besteht ein großer Unterschied in der Wahrscheinlichkeit, daß eine Samenzelle oder ein befruchtetes Ei überlebt. Aber angesichts der absurden Vorstellung eines Korps von hochherzigen Samenerhaltern sehen wir uns veranlaßt, uns zu fragen, ob das bloße »Potential« eines befruchteten Eis, ein Baby zu werden, seine

Vernichtung wirklich zum Mord macht. Abtreibungsgegner befürchten, sobald eine Abtreibung unmittelbar nach der Empfängnis zulässig sei, werde kein Argument sie auf irgendeinen späteren Zeitpunkt in der Schwangerschaft beschränken können. Dann, fürchten sie, werde es eines Tages erlaubt sein, einen Fetus umzubringen, der unzweideutig ein Mensch ist. Sowohl Befürworter wie Gegner der Abtreibung (zumindest einige von ihnen) werden durch parallele Ängste vor unsicheren Verhältnissen zu absoluten Haltungen gedrängt. Vor einem weiteren unsicheren Verhältnis stehen jene Abtreibungsgegner, die bereit sind, in dem qualvollen Fall einer Schwangerschaft infolge von Vergewaltigung oder Inzest eine Ausnahme zu machen. Aber warum sollte das Recht auf Leben von den *Umständen* der Empfängnis abhängen? Wenn das gleiche Kind das Ergebnis wäre, darf der Staat dann für den Nachwuchs aus einer gesetzlichen Vereinigung das Leben, aber für den durch Zwang oder Nötigung empfangenen Nachwuchs den Tod verordnen? Kann das denn gerecht sein? Und wenn Ausnahmen bei einem derartigen Fetus gemacht werden, warum sollten sie dann bei einem anderen Fetus nicht gemacht werden? Dies ist zum Teil der Grund, warum manche Lebensschützer die nach Ansicht vieler anderer Menschen ungeheure Haltung vertreten, unter allen Umständen gegen eine Abtreibung zu sein – außer vielleicht wenn das Leben der Mutter in Gefahr ist. (Martin Luther, der Begründer des Protestantismus, war sogar gegen die Ausnahme: »Auch wenn sie [die Weiber] sich müde und zuletzt tot tragen, das schadet nicht. Laßt sie nur

sich zu Tode tragen; dazu sind sie da. Es ist besser, kurz und gesund als lange und ungesund zu leben.« (Luther »*Vom ehelichen Leben*, 1522; in: M. L. *Ausgewählte Schriften*, Bd. 3, Frankfurt a. M. ²1983, S. 196).

Der weltweit verbreitetste Grund für Abtreibungen ist die Geburtenkontrolle. Sollten also Gegner der Abtreibung nicht Verhütungsmittel verteilen und den Schulkindern beibringen, wie sie zu verwenden sind? Das wäre doch eine wirkungsvolle Möglichkeit, die Zahl der Abtreibungen zu reduzieren. Statt dessen liegen die USA weit hinter anderen Ländern, was die Entwicklung sicherer und wirksamer Methoden der Geburtenkontrolle angeht -und in vielen Fällen sind die gleichen Menschen, die gegen Abtreibungen sind, auch gegen eine derartige Forschung (und Sexualerziehung).*

Die Versuche, ein ethisch vernünftiges und unzweideutiges Kriterium dafür zu finden, wann eine Abtreibung zulässig ist (wenn überhaupt), reichen weit in die Geschichte zurück. Oft waren solche Versuche, insbesondere in der christlichen Tradition, mit der Frage verknüpft, wann die Seele in den Körper gelange – eine Frage, die sich nicht so ohne weiteres wissenschaftlich klären läßt und selbst unter gelehrten Theologen eine Streitfrage ist. So hat man behauptet, zur Beseelung komme es im Sperma vor

* Sollten dann Abtreibungsgegner nicht auch Geburtstage vom Augenblick der Empfängnis und nicht vom Augenblick der Geburt an zählen? Müßten sie nicht ihre Eltern eingehend nach deren Sexualleben befragen? Natürlich würde es dann immer noch eine nicht zu beseitigende Ungewißheit geben: Es kann erst Stunden oder Tage nach dem Geschlechtsakt zur Empfängnis kommen (was besonders schwierig ist für Abtreibungsgegner, die auch noch mit der Tierkreiszeichenastrologie liebäugeln).

der Empfängnis, bei der Empfängnis, zum Zeitpunkt, da sich »das Leben rührt« (wenn die Mutter zum ersten Mal spüren kann, wie sich der Fetus in ihr bewegt), und bei der Geburt. Oder sogar später.

Die einzelnen Religionen haben in dieser Hinsicht unterschiedliche Lehrmeinungen. Bei den Jägern und Sammlern gab es gewöhnlich keine Abtreibungsverbote, und im alten Griechenland und Rom waren Abtreibungen üblich. Im Gegensatz dazu haben die strengeren Assyrer Frauen wegen einer versuchten Abtreibung gepfählt. Der jüdische Talmud lehrt, der Fetus sei kein Mensch und habe keine Rechte. Das Alte und das Neue Testament – die beide reich an erstaunlich detaillierten Verboten bezüglich der Kleidung, der Ernährung und des zulässigen Sprachgebrauchs sind – enthalten nicht ein Wort, das speziell die Abtreibung verbietet. Die einzige Passage, die sich überhaupt mit diesem Thema befaßt (2. Moses, 21,22), besagt, wenn bei einem Streit zwischen zwei Männern eine schwangere Frau gestoßen werde und dadurch eine Fehlgeburt habe, dann müsse der Angreifer eine Geldbuße zahlen.

Weder Augustinus noch Thomas von Aquin hielten eine frühe Abtreibung für Mord (letzterer mit der Begründung, der Embryo würde nicht menschlich *aussehen*). Diese Ansicht wurde von der Kirche beim Wiener Konzil von 1312 übernommen und nie wieder aufgegeben. Die erste und lange bestehende Sammlung des kanonischen Rechts der katholischen Kirche (so der führende Historiker der Kirchenlehre zur Abtreibung, John Connery, S. J.) führte aus, die Abtreibung sei nur dann Mord, wenn der Fetus sich bereits »gebildet« habe – ungefähr am Ende des ersten

Schwangerschaftsdrittels.

Aber als man im 17. Jahrhundert mit den ersten Mikroskopen Samenzellen untersuchte, glaubte man, sie würden einen voll ausgebildeten Menschen zeigen. Die alte Vorstellung vom Homunculus kam wieder auf – derzufolge jede Samenzelle ein voll ausgebildeter winziger Mensch sei, in dessen Hoden es unzählige weitere Homunculi gebe und so fort ad infinitum. Zum Teil aufgrund dieser Fehlinterpretation wissenschaftlicher Daten wurde im Jahre 1869 eine Abtreibung zu jeder Zeit und aus jedem Grund ein Anlaß zur Exkommunikation. Die meisten Katholiken, aber auch andere Menschen sind überrascht, wenn sie erfahren, daß dies nicht schon viel früher geschah.

Von der Kolonialzeit bis zum 19. Jahrhundert lag in den USA die Entscheidung bei der Frau, bis sich das Leben im Mutterleib rührte. Eine Abtreibung im ersten oder sogar zweiten Schwangerschaftsdrittels war schlimmstenfalls ein Fehltritt. Eine Verurteilung wurde nur selten angestrebt und war fast unmöglich zu bekommen, weil sie ganz und gar von der Aussage der Frau abhing, ob sie die Bewegung gespürt hatte, und weil es den Geschworenen widerstrebte, eine Frau strafrechtlich dafür zu belangen, daß sie ihr Recht zur freien Entscheidung wahrgenommen hatte. Im Jahre 1800 gab es, soweit bekannt, kein einziges Gesetz in den USA, das die Abtreibung betraf. Anzeigen für Arzneimittel zur Einleitung einer Abtreibung ließen sich praktisch in jeder Zeitung und sogar in vielen kirchlichen Publikationen finden – obwohl der dort verwendete Sprachgebrauch beschönigend, wenn auch allgemein verständlich war.

Doch um 1900 war die Abtreibung zu *jedem* Schwangerschaftszeitpunkt in allen Staaten der Union verboten, außer wenn sie nötig war, um das Leben der Frau zu retten. Wie war es zu einer so erstaunlichen Wende gekommen? Die Religion hatte damit kaum etwas zu tun. Drastische wirtschaftliche und soziale Umwälzungen verwandelten die Agrargesellschaft dieses Landes in eine städtische Industriegesellschaft. Amerika, einst mit einer der höchsten Geburtenraten der Welt ausgestattet, war auf dem Wege, eine der niedrigsten zu bekommen. Die Abtreibung spielte dabei eindeutig eine Rolle, und das regte gewisse Kräfte an, sie zu unterdrücken.

Eine der bedeutendsten dieser Kräfte war der ärztliche Berufsstand. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war die Medizin ein Beruf ohne jede Prüfung und Kontrolle. Jeder konnte sich niederlassen und sich Arzt nennen. Mit dem Aufkommen einer neuen medizinischen Elite mit Universitätsbildung, die bemüht war, den Status und Einfluß der Ärzteschaft zu verbessern, wurde die American Medical Association, der amerikanische Ärzteverband, gebildet. Gleich im ersten Jahrzehnt etablierte die AMA eine Lobby gegen Abtreibungen, die nicht von zugelassenen Ärzten vorgenommen wurden. Die neue Wissenschaft der Embryologie, behaupteten die Ärzte, habe gezeigt, daß der Fetus bereits menschlich sei, bevor er sich bewege.

Ihr Angriff auf die Abtreibung war nicht von ihrer Sorge um die Gesundheit der Frau, sondern, wie sie behaupteten, um das Wohlergehen des Fetus motiviert. Man mußte schon Arzt sein, um zu wissen, wann eine Abtreibung moralisch gerechtfertigt war,

weil die Antwort auf diese Frage von wissenschaftlichen und medizinischen Fakten abhing, die nur Ärzten verständlich waren. Gleichzeitig waren Frauen praktisch von den medizinischen Fakultäten ausgeschlossen, an denen ein solches Geheimwissen erworben werden konnte. Also hatten sie letzten Endes hinsichtlich der Beendigung ihrer Schwangerschaft nichts zu sagen. Der Arzt entschied auch darüber, ob die Schwangerschaft für die Frau eine Gefahr darstellte, und es lag ganz in seinem Ermessen zu bestimmen, was eine Gefahr war und was nicht. Für die reiche Frau konnte schon die Bedrohung ihrer seelischen Ruhe oder ihrer Lebensweise eine Gefahr darstellen. Die arme Frau war oft gezwungen, sich an den Kurpfuscher oder an »Engelmacherinnen« zu wenden.

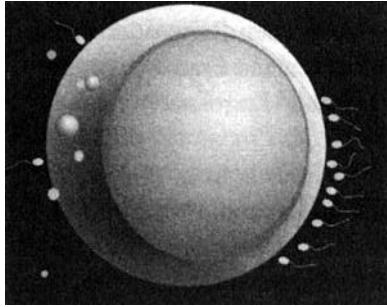
Dies war der gesetzliche Zustand bis in die sechziger Jahre, als eine Koalition aus Einzelpersonen und Organisationen, zu denen nun auch die AMA gehörte, dieses Gesetz zu kippen und die traditionelleren Werte wiedereinzuführen versuchte, die in der Entscheidung im Fall Roe gegen Wade artikuliert worden waren.

Wenn man einen Menschen vorsätzlich tötet, nennt man dies Mord. Wenn man einen Schimpanse – der als unser nächster Verwandter biologisch 99,6 Prozent unserer aktiven Gene mit uns gemeinsam hat – vorsätzlich tötet, dann ist das alles mögliche, nur nicht Mord. Bislang wird der Begriff Mord einzig und allein auf das Töten von Menschen angewendet. Daher ist die Frage, wann das Menschsein (oder die Beseeltheit, wenn wir so wollen) entsteht, von entscheidender Bedeutung für die Abtreibungsdebatte. Wann wird der Fetus ein Mensch? Wann bilden sich

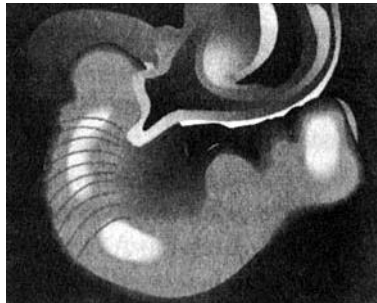
klar erkennbare und charakteristische menschliche Eigenschaften? Wir räumen ein, daß die Spezifizierung eines bestimmten Moments individuelle Unterschiede ignoriert. Wenn wir also eine Grenze ziehen müssen, dann sollte sie konservativ gezogen werden – das heißt, eher in einem früheren als in einem späteren Stadium. Es gibt Menschen, die etwas dagegen haben, irgendeine numerische Grenze zu setzen, und wir teilen ihr Unbehagen; aber wenn es ein Gesetz über diesen Sachverhalt geben und einen sinnvollen Kompromiß zwischen den beiden absoluten Positionen herbeiführen soll, muß es zumindest grob eine Übergangszeit zum Menschsein spezifizieren.

Wir alle haben einmal als Punkt angefangen. Ein befruchtetes Ei hat etwa die Größe des Punkts am Ende dieses Satzes. Die entscheidende Begegnung von Samen und Ei findet im allgemeinen in einem der beiden Eileiter statt. Aus einer Zelle werden zwei, aus zwei vier und so weiter – eine Exponentialreihe der zweiten Potenz. Am zehnten Tag ist aus dem befruchteten Ei eine Art Hohlkugel geworden, die in einen anderen Bereich wandert: in die Gebärmutter. Auf dem Weg dorthin zerstört sie Gewebe. Sie saugt Blut aus Kapillargefäßen. Sie badet sich im mütterlichen Blut, dem sie Sauerstoff und Nährstoffe entzieht. Sie nistet sich als eine Art Parasit an den Wänden des Uterus ein.

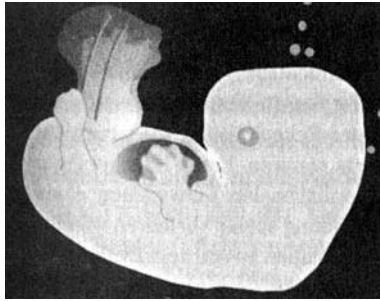
Zeichnungen anhand von Fotos von Lennart Nilsson/Bonnier Alba AB



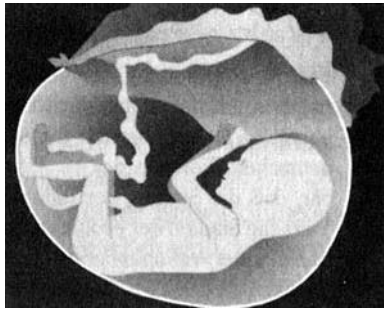
Eine menschliche Eizelle kurz nach der Befruchtung, teilweise umgeben von den abgeschlagenen Spermazellen. Die etwa 300 Millionen übrigen Mitläufer sind noch gar nicht eingetroffen.



Ein menschlicher Embryo drei Wochen nach der Empfängnis, etwa so groß wie eine Bleistiftspitze (rechts ist der Kopf). Die sich bis zum Schwanz erstreckende Segmentation ähnelt der eines Wurms.



Ein menschlicher Embryo am Ende der fünften Woche nach der Empfängnis. Der Schwanz ringelt sich unter den Beinknospen. Das Gesicht, hier im Profil zu sehen, wirkt wie das eines Reptils.



Ein 16 Wochen alter Embryo wirkt äußerlich ziemlich menschlich. Aber er kann sich noch nicht spürbar allein bewegen, und außerhalb der Gebärmutter kann er nicht überleben.

- Bis zur dritten Woche, bis zu der Zeit der ersten ausgebliebenen Menstruation, ist der heranwachsende Embryo etwa zwei Millimeter lang und entwickelt verschiedene Körperteile. Erst von diesem Stadium an ist er auf eine rudimentäre Plazenta angewiesen. Er sieht ein wenig wie ein Gliederwurm aus.*
- Am Ende der vierten Woche ist er etwa fünf Millimeter lang. Nun ist er als Wirbeltier erkennbar, sein röhrenförmiges Herz beginnt zu schlagen, Gebilde wie die Kiemenbögen eines Fisches oder einer Amphibie werden sichtbar, und es gibt einen ausgeprägten Schwanz. Er sieht eher wie ein Molch oder eine Kaulquappe aus. Dies ist das Ende des ersten Monats nach der Empfängnis.
- Am Ende der fünften Woche lassen sich die groben Abschnitte des Gehirns ausmachen. Was sich später zu Augen entwickelt, wird sichtbar, und kleine Knospen tauchen auf -aus ihnen werden Arme und Beine entstehen.
- Bis zur sechsten Woche ist der Embryo dreizehn

* Eine Reihe von rechten und christlich fundamentalistischen Publikationen hat diese Argumentation kritisiert – mit der Begründung, daß sie auf einer obsoleten Doktrin beruhe, der sogenannten Rekapitulation, die von einem deutschen Biologen des 19. Jahrhunderts stamme. Ernst Haeckel legte dar, daß die Stadien der individuellen embryonalen Entwicklung eines Tiers die Stadien der evolutionären Entwicklung seiner Vorfahren wiederholten (oder »rekapitulierten«). Die Rekapitulation ist von dem Evolutionsbiologen Stephen Jay Gould erschöpfend und skeptisch abgehandelt worden (in seinem Buch *Ontogenese und Phylogenese*, 1977). Aber in unserem Artikel stand kein Wort von Rekapitulation, wie sich der Leser selbst überzeugen kann. Die Vergleiche zwischen dem menschlichen Fetus und anderen (ausgewachsenen) Tieren beruhen auf dem Aussehen des Fetus (siehe Abbildungen). Seine nichtmenschliche Form und nicht etwas, was mit seiner Evolutionsgeschichte zusammenhängt, ist der Schlüssel zur Argumentation dieser Seiten.

Millimeter lang. Die Augen befinden sich noch immer seitlich am Kopf, wie bei den meisten Tieren, und das Reptiliengesicht hat dort, wo sich schließlich Mund und Nase befinden werden, zusammenhängende Schlitze.

- Am Ende der siebten Woche ist der Schwanz fast verschwunden, und sexuelle Merkmale lassen sich unterscheiden (obwohl beide Geschlechter noch weiblich aussehen). Das Gesicht ist das eines Säugetiers, es gleicht ein wenig einem Schwein.
- Am Ende der achten Woche ähnelt das Gesicht dem eines Primaten, ist aber noch immer nicht ganz menschlich. Die meisten menschlichen Körperteile sind in Grundzügen vorhanden. Eine grobe Hirnanatomie ist gut entwickelt. Der Fetus zeigt reflexartige Reaktionen auf feine Reize.
- In der zehnten Woche hat das Gesicht einen unmißverständlich menschlichen Schnitt. Es ist allmählich möglich, männliche und weibliche Feten zu unterscheiden. Nägel und größere Knochenstrukturen tauchen erst im dritten Monat auf.
- Im vierten Monat läßt sich das Gesicht eines Fetus von dem eines anderen unterscheiden. Bewegungen werden im allgemeinen im fünften Monat verspürt. Die Bronchiolen der Lunge entwickeln sich erst etwa im sechsten Monat, die Alveolen (Lungenbläschen) noch später.

Wenn also nur ein Mensch ermordet werden kann, wann erlangt dann der Fetus sein Menschsein? Wenn sein Gesicht eindeutig menschlich wird, gegen Ende des ersten Schwangerschaftsdrittels? Wenn er auf

Reize reagiert – ebenfalls am Ende des ersten Drittels? Wenn er so aktiv wird, daß man ihn sich bewegen spürt, meistens in der Mitte des zweiten Drittels? Wenn die Lunge ein Entwicklungsstadium erreicht hat, in dem es denkbar wäre, daß der Fetus allein in der Außenluft atmen könnte? Das Problem bei der Fixierung bestimmter Entwicklungsstadien besteht nicht nur darin, daß sie willkürlich sind. Viel problematischer ist die Tatsache, daß keine von ihnen mit nur bei Menschen vorkommenden Merkmalen zusammenhängt – abgesehen vom oberflächlichen Aspekt des Gesichtsausdrucks. Alle Tiere reagieren auf Reize und bewegen sich aus freiem Willen. Viele können atmen. Aber das hält uns nicht davon ab, sie milliardenfach abzuschlachten. Was uns zu Menschen macht, sind nicht Reflexe, Bewegung und Atmung.

Andere Tiere haben uns das eine oder andere voraus: in puncto Geschwindigkeit, Kraft, Ausdauer, Kletter- oder Grabfertigkeiten, Tarnung, Seh-, Geruchs- oder Hörvermögen, Beherrschung von Luft oder Wasser. Unser einziger großer Vorzug, das Geheimnis unseres Erfolgs, ist das Denken – das typisch menschliche Denken. Wir sind in der Lage, Dinge zu durchdenken, uns noch nicht geschehene Ereignisse vorzustellen, Dinge herauszufinden. Auf diese Weise haben wir die Landwirtschaft und die Zivilisation erfunden. Das Denken ist unser Segen und unser Fluch, und es macht uns zu dem, was wir sind. Das Denken findet natürlich im Gehirn statt – im Prinzip in den oberen Schichten der verschlungenen »grauen Masse«, der sogenannten Großhirnrinde. Die rund 100 Milliarden Neuronen im Gehirn bilden die materielle Basis des Denkens. Die Neuronen sind miteinander verknüpft,

und ihre Verbindungen spielen eine wichtige Rolle bei dem, was wir als Denken erleben. Aber das großangelegte Verknüpfen der Neuronen setzt erst zwischen der 24. und der 27. Schwangerschaftswoche ein – im sechsten Monat.

Mit Hilfe harmloser Elektroden, die am Kopf einer Versuchsperson angebracht werden, können Wissenschaftler die vom Netzwerk der Neuronen im Schädel erzeugte elektrische Aktivität messen. Verschiedenartige geistige Tätigkeiten weisen unterschiedliche Hirnwellen auf. Aber Hirnwellen mit regelmäßigen Mustern, wie sie für erwachsene menschliche Hirne typisch sind, tauchen im Fetus erst in der 30. Schwangerschaftswoche auf – kurz vor Beginn des dritten Drittels. Jüngeren Feten – so lebendig und aktiv sie sein mögen – fehlt die notwendige Hirnarchitektur. Sie können noch nicht denken. Es ist ebenso problematisch wie schmerzlich, in die Tötung eines Lebewesens einzuwilligen, besonders wenn es später ein Baby werden könnte. Aber wir lehnen die Extreme »immer« und »niemals« ab, und damit begeben wir uns – ob wir dies nun wollen oder nicht – auf unsicheres Terrain. Wenn wir gezwungen sind, uns für ein Entwicklungskriterium zu entscheiden, dann möchten wir hier die Grenze ziehen: wenn das charakteristische menschliche Denken gerade einsetzen könnte. Das ist indes eine sehr konservative Definition: Reguläre Hirnwellen sind in Feten nur selten anzutreffen. Hier wäre eine verstärkte Forschung hilfreich. (Auch bei Pavian- und Schaffeten setzen eindeutige Hirnwellen erst in einer späten Trächtigkeitsphase ein.) Wenn wir das Kriterium noch stringenter fassen möchten, um auch

eine gelegentlich auftretende frühreife fetale Hirnentwicklung zu berücksichtigen, könnten wir die Grenze bei sechs Monaten ziehen. Und genau hier hat sie das amerikanische Oberste Bundesgericht 1973 gezogen – wenn auch aus völlig anderen Gründen.

Seine Entscheidung im Falle Roe gegen Wade hat das amerikanische Abtreibungsrecht verändert. Es gestattet die Abtreibung auf Verlangen der Frau ohne Einschränkung im ersten Schwangerschaftsdrittel und – mit einigen Einschränkungen zum Schutz ihrer Gesundheit – im zweiten Drittel. Es sieht vor, daß der Staat die Abtreibung im dritten Drittel verbietet, außer wenn das Leben oder die Gesundheit der Frau ernsthaft in Gefahr ist. In der Webster-Entscheidung von 1989 lehnte es der Supreme Court zwar ausdrücklich ab, die Entscheidung Roe gegen Wade zu kippen, forderte aber praktisch die Gesetzgeber der 50 amerikanischen Einzelstaaten auf, darüber selbst zu befinden. Wie lautete die Begründung im Falle Roe gegen Wade? Man hat dem, was mit den Kindern passiert, sobald sie geboren sind, oder der Familie kein gesetzliches Gewicht beigemessen. Vielmehr entschied das Gericht, das Recht der Frau auf die Wahl zwischen Schwangerschaft und Abtreibung werde durch die verfassungsmäßigen Garantien der Persönlichkeitssphäre geschützt. Aber dieses Recht gilt nicht uneingeschränkt. Die garantierte Persönlichkeitssphäre der Frau und das Recht auf Leben des Fetus müssen gegeneinander abgewogen werden – und als das Gericht dies tat, erhielt die Persönlichkeitssphäre den Vorrang im ersten Schwangerschaftsdrittel und das Leben im dritten Drittel. Der Übergang wurde nicht aufgrund der

Überlegungen festgelegt, mit denen wir uns in diesem Kapitel befaßt haben – es ging also nicht darum, wann die »Beseelung« stattfindet oder wann der Fetus genügend menschliche Eigenschaften annimmt, um per Gesetz vor Mord geschützt zu sein. Statt dessen einigte man sich auf das Kriterium, ob der Fetus außerhalb der Mutter leben könnte. Dies nennt man »Lebensfähigkeit«, und die hängt zum Teil von der Fähigkeit zu atmen ab. Bis etwa zur 24. Woche, kurz vor Beginn des sechsten Monats, ist die Lunge einfach noch nicht entwickelt, und der Fetus kann nicht atmen – auch wenn er an eine technisch noch so hoch entwickelte künstliche Lunge angeschlossen werden könnte. Aus diesem Grund gestattet die Entscheidung im Fall Roe gegen Wade es den Einzelstaaten, Abtreibungen im letzten Schwangerschaftsdrittel zu verbieten. Das ist ein ganz pragmatisches Kriterium.

Wäre der Fetus in einem bestimmten Schwangerschaftsstadium außerhalb der Gebärmutter lebensfähig, so lautet die Argumentation, dann hätte das Recht des Fetus auf Leben Vorrang vor dem Recht der Frau auf ihre Persönlichkeitssphäre. Aber was heißt eigentlich »lebensfähig«? Selbst ein voll ausgetragenes Neugeborenes ist ohne viel Zuwendung und Liebe nicht lebensfähig. Es gab eine Zeit vor der Einführung von Brutkästen, und das ist erst ein paar Jahrzehnte her, da waren Babys im siebten Monat kaum lebensfähig. Wäre damals die Abtreibung im siebten Monat zulässig gewesen? Wurden nach der Einführung von Brutkästen Schwangerschaftsabbrüche im siebten Monat plötzlich unmoralisch? Was geschieht, wenn in

Zukunft eine neue Technik entwickelt wird, so daß eine künstliche Gebärmutter einen Fetus sogar vor dem sechsten Monat durch Zuführung von Sauerstoff und Nährstoffen durchs Blut am Leben erhalten kann – so wie das die Mutter durch die Plazenta und über den fetalen Blutkreislauf bewirkt? Wir geben zu, daß diese Technik wahrscheinlich nicht so bald entwickelt oder vielen Menschen zur Verfügung stehen wird. Aber wenn sie zur Verfügung stünde, wäre es dann auch unmoralisch, vor dem sechsten Monat abzutreiben, während es zuvor moralisch war? Eine Moral, die von der Technik abhängt und sich mit ihr ändert, ist eine schwache Moral – für einige Menschen ist sie auch eine inakzeptable Moral. Und warum eigentlich sollte das Atmen (oder die Nierenfunktion oder die Fähigkeit, gegen Krankheiten resistent zu sein) gesetzlichen Schutz rechtfertigen? Wenn sich nachweisen ließe, daß ein Fetus zwar denken und fühlen, aber nicht atmen kann, wäre es dann in Ordnung, ihn zu töten? Bewerten wir das Atmen höher als das Denken und Fühlen? Die Lebensfähigkeit, meinen wir, ist kein schlüssiges Argument, um festzulegen, wann Abtreibungen zulässig sind. Wir brauchen ein anderes Kriterium. Wir stellen noch einmal das Einsetzen des menschlichen Denkens als Kriterium zur Diskussion.

Da das fetale Denken im Durchschnitt eher noch später als die fetale Lungenentwicklung einsetzt, halten wir das Urteil im Fall Roe gegen Wade für eine gute und kluge Entscheidung in einer komplexen und schwierigen Frage. Mit einem Abtreibungsverbot im letzten Schwangerschaftsdrittel – außer in Fällen einer ernsthaften medizinischen Indikation – sorgt es für

einen gerechten Ausgleich im Konflikt zwischen den Ansprüchen von Freiheit und Leben.

Als dieser Artikel in *Parade* erschien, enthielt er ein Kästchen mit einer Telefonnummer, über die die Leser ihre Meinung zur Abtreibungsfrage kundtun konnten. Es gab erstaunlich viele Anrufe – insgesamt 380.000. Die Anrufer konnten sich für die folgenden vier Möglichkeiten entscheiden: »Abtreibung nach dem Moment der Empfängnis ist Mord«, »Eine Frau hat das Recht, sich jederzeit während der Schwangerschaft für eine Abtreibung zu entscheiden«, »Die Abtreibung sollte innerhalb der ersten drei Schwangerschaftsmonate erlaubt sein« und »Die Abtreibung sollte innerhalb der ersten sechs Schwangerschaftsmonate erlaubt sein«. *Parade* erscheint am Sonntag, und am Montag waren die Meinungen zwischen diesen vier Möglichkeiten etwa gleichmäßig verteilt. Dann trat Mr. Pat Robertson, ein christlich-fundamentalistischer Prediger und republikanischer Präsidentschaftskandidat im Jahre 1992, am Montag in seiner regelmäßig ausgestrahlten Fernsehsendung auf und forderte seine Anhänger auf, *Parade* »aus dem Müll« herauszuholen und die eindeutige Nachricht durchzutelefonieren, daß die Tötung eines befruchteten menschlichen Eiz Mord sei. Dies taten seine Anhänger auch. Die allgemeine Befürwortung der Wahlfreiheit durch die meisten Amerikaner – wie sie wiederholt in demographisch kontrollierten Meinungsumfragen erwiesen worden war und wie sie sich in den frühen Anrufen bei *Parade* widergespiegelt hatte – war durch eine politische Organisation überrollt worden.

Die Spielregeln

»Aber alles, was ehrenhaft ist, geht aus einem der vier Teilbereiche hervor. Denn entweder ist es zu Hause im Durchschauen und Verstehen der Wahrheit oder im Beschützen der Gemeinschaft der Menschen, darin, einem jeden das Seine zuzuteilen, und in Verlässlichkeiten bei Verträgen oder in Größe und Kraft eines hervorragenden und unbezwingbaren Geistes oder in Ordnung und Maß aller Handlungen und Äußerungen, worin maßvolle Beschränkung und Ausgeglichenheit beruht.«

Cicero,
De officiis, 1,5 (45/44 v. Chr.)

Ich erinnere mich an einen herrlichen Tag im Jahre 1939 – einen Tag, der mein Denken nachhaltig beeinflusst hat, einen Tag, an dem meine Eltern mich die Wunder der New Yorker Weltausstellung erleben ließen. Es war schon spät, ich gehörte längst ins Bett. Ich hockte sicher auf den Schultern meines Vaters, hielt mich an seinen Ohren fest, meine Mutter ging zu meiner Beruhigung neben mir, und als ich mich umdrehte, erblickte ich den großen Trylon und die Perisphere, die architektonischen Ikonen der Ausstellung, die in blauen Pastellfarben erstrahlten. Wir verließen gerade die Zukunft, die »Welt von morgen«, um uns zur U-Bahn zu begeben. Während

wir stehenblieben, um unsere Sachen zu ordnen, kam mein Vater mit einem kleinen, müden Mann, der einen Bauchladen trug, ins Gespräch. Er verkaufte Bleistifte. Mein Vater griff in die zerknitterte braune Tüte, die die Reste unseres Lunchs enthielt, holte einen Apfel heraus und gab ihn dem Bleistiftmann. Ich heulte laut auf. Damals mochte ich zwar keine Äpfel, und ich hatte diesen Apfel zum Lunch wie zum Dinner verschmägt. Aber gleichwohl hatte ich einen Besitzanspruch darauf. Es war mein Apfel, und mein Vater hatte ihn gerade einem komisch aussehenden Fremden gegeben – der meinen Kummer noch verschlimmerte, indem er nun abweisend in meine Richtung startete.

Mein Vater war zwar ein Mensch von nahezu grenzenloser Geduld und Güte, doch ich sah, wie enttäuscht er von mir war. Erzog mich hoch und drückte mich fest an sich.

»Das ist ein ganz armer Hund, ein Arbeitsloser«, erklärte er mir leise, so daß es der Mann nicht hörte. »Er hat den ganzen Tag nichts gegessen. Wir haben genug. Wir können ihm einen Apfel geben.« Ich dachte darüber nach, unterdrückte mein Schluchzen, warf noch einen wehmütigen Blick auf die Welt von morgen und schlief in seinen Armen ein.

Moralische Prinzipien, die das menschliche Verhalten zu regeln suchen, hat es nicht erst mit dem Beginn der Zivilisation gegeben, sondern auch schon bei unseren prävivilisierten und sozial hoch organisierten Ahnen, den Jägern und Sammlern. Ja, sogar noch früher. Jede Gesellschaft hat andere Prinzipien. In vielen Kulturen gibt es einen

Unterschied zwischen Reden und Handeln. In ein paar glücklichen Gesellschaften legt ein inspirierter Gesetzgeber eine Reihe von Lebensregeln fest (und behauptet oft, er habe sie von einem Gott bekommen – ohne diesen Hinweis würden sich nur wenige an die Vorschriften halten). Solche Regeln waren in den Kodizes von Ashoka (Indien), Hammurabi (Babylon), Lykurgos (Sparta) und Solon (Athen) enthalten. Sie alle waren einst Herrscher über mächtige Zivilisationen. Heute sind ihre Kodizes weitgehend außer Kraft. Vielleicht hatten sie die menschliche Natur falsch eingeschätzt und zuviel von uns verlangt. Vielleicht lassen sich die Erfahrungen einer Epoche oder Kultur nicht ganz auf andere übertragen. Überraschenderweise gibt es heute Bestrebungen – noch zögerlich zwar, aber es gibt sie –, an die Sache wissenschaftlich, also experimentell heranzugehen.

In unserem Alltagsleben wie in den bedeutungsvollen Beziehungen zwischen den Völkern müssen wir Entscheidungen treffen: Was heißt es, das Richtige zu tun? Sollten wir einem bedürftigen Fremden helfen? Wie gehen wir mit einem Feind um? Sollten wir jemals jemanden ausnutzen, der uns gegenüber freundlich ist? Wenn uns ein Freund weh getan oder ein Feind geholfen hat, sollten wir uns entsprechend revanchieren, oder wiegt sein gegenwärtiges Verhalten jede in der Vergangenheit erfolgte Abweichung von der Norm auf? Betrachten wir einige Beispiele: Ihre Schwägerin setzt sich darüber hinweg, daß Sie ihr immer über den Mund fahren, und lädt Sie zu Weihnachten zum Essen ein – sollen Sie annehmen? China bricht ein vier Jahre währendes, weltweites, freiwilliges Moratorium und

nimmt seine Kernwaffentests wieder auf – sollten wir dies nun auch tun? Wieviel sollen wir für wohltätigen Zwecke spenden? Serbische Soldaten vergewaltigen systematisch bosnische Frauen – sollen bosnische Soldaten nun auch systematisch serbische Frauen vergewaltigen? Nach Jahrhunderten der Unterdrückung tritt der Führer der Nationalist Party, F. W. de Klerk, an den African National Congress heran – hätten Nelson Mandela und der ANC diese Annäherungsversuche erwidern sollen? Ein Kollege sorgt dafür, daß Sie vor Ihrem Chef schlecht dastehen – sollen Sie versuchen, es ihm heimzuzahlen? Sollen wir bei unserer Einkommenssteuererklärung schwindeln? Wenn wir damit durchkommen? Wenn ein Mineralölkonzern ein Symphonieorchester unterstützt oder ein gutes Fernsehspiel sponsert, sollen wir dann darüber hinwegsehen, wenn er die Umwelt verschmutzt? Sollen wir zu betagten Verwandten nett sein, selbst wenn sie uns auf den Geist gehen? Sollen Sie beim Kartenspielen mogeln? Oder bei einer größeren Sache? Sollen wir Mörder umbringen?

Indem wir derartige Entscheidungen treffen, sind wir nicht nur daran interessiert, richtig zu handeln, sondern auch daran, daß sie praktikabel sind – was uns und die übrige Gesellschaft glücklicher und sicherer macht. Zwischen dem, was wir ethisch, und dem, was wir pragmatisch nennen, herrscht ein Spannungsverhältnis. Wenn ethisches Verhalten selbst auf lange Sicht unsinnig wäre, würden wir es schließlich nicht mehr ethisch, sondern töricht nennen. Wir könnten sogar behaupten, wir würden es im Prinzip respektieren, aber in der Praxis würden wir

es ignorieren. Gibt es, wenn wir an die Vielfalt und Komplexität menschlichen Verhaltens denken, einfache Regeln – ob wir sie nun ethisch oder pragmatisch nennen –, die tatsächlich funktionieren? Wie entscheiden wir, was wir tun sollen? Unsere Reaktionen sind zum Teil durch unser Selbstinteresse bestimmt. Wir revanchieren uns auf gleiche Weise oder handeln ganz anders, weil wir hoffen, daß wir das, was wir wollen, auch erreichen. Manche Länder verbünden sich oder führen Kernwaffentests durch, damit andere Länder wissen, daß mit ihnen nicht zu spaßen ist. Wir vergelten Böses mit Gutem, weil wir wissen, daß wir dadurch manchmal an den Gerechtigkeitssinn anderer Menschen appellieren oder sie beschämen können, damit sie uns gewogen sind. Aber zuweilen bewegen uns auch keine egoistischen Motive. Manche Menschen sind anscheinend einfach von Natur aus freundlich. Wir können den Ärger von selten betagter Eltern oder von Kindern akzeptieren, weil wir sie lieben und wollen, daß sie glücklich sind, selbst wenn wir uns das einiges kosten lassen. Manchmal sind wir hart gegenüber unseren Kindern und bereiten ihnen einiges Ungemach, weil wir ihren Charakter formen wollen und glauben, daß der langfristige Nutzen den kurzfristigen Kummer überwiegt.

Jeder Einzelfall ist anders. Menschen und Völker sind verschieden. Es gehört zur Weisheit zu wissen, wie wir uns in diesem Labyrinth zurechtfinden. Wo sind die oben erwähnten einfachen Regeln, die uns weiterhelfen? Vielleicht sollten wir uns gar nicht die Mühe machen, über Regeln nachzudenken, und einfach tun, was wir für richtig halten. Aber selbst

dann stellt sich die Frage: Wie entscheiden wir, was wir »für richtig halten«?

Die – zumindest im Westen – am meisten bewunderte Verhaltensnorm ist die goldene Regel, die Jesus von Nazareth zugeschrieben wird. Jeder kennt ihre Formulierung im Matthäus-Evangelium aus dem ersten Jahrhundert: »Handle gegenüber anderen so, wie du willst, daß sie dir gegenüber handeln.« Fast niemand hält sich daran. Als der chinesische Philosoph Kongzi (im Westen Konfuzius genannt) im fünften Jahrhundert v. Chr. nach seiner Meinung über die (damals bereits bekannte) goldene Regel, Böses mit Freundlichkeit zu vergelten, gefragt wurde, erwiderte er: »Und womit willst du dann Freundlichkeit vergelten?« Soll die arme Frau, die ihren Nächsten wegen seines Reichtums beneidet, dem Reichen auch das wenige geben, das sie hat? Soll der Masochist seinem Nächsten Schmerz zufügen? Die goldene Regel berücksichtigt nicht die Unterschiede zwischen den Menschen. Wenn wir eine Ohrfeige bekommen haben, sind wir dann wirklich imstande, die andere Wange hinzuhalten und uns noch mal schlagen zu lassen? Ist dies bei einem grausamen Gegner nicht einfach eine Garantie für mehr Schläge? Die silberne Regel lautet anders: »Handle gegenüber anderen nicht so, wie du nicht willst, daß sie dir gegenüber handeln.« Auch diese Regel ist auf der ganzen Welt zu finden, etwa eine Generation vor Jesus in den Schriften von Rabbi Hillel. Die großartigsten Beispiele der silbernen Regel im 20. Jahrhundert waren Mahatma Gandhi und Martin Luther King jr. Sie empfahlen unterdrückten Völkern,

nicht Gewalt mit Gewalt zu vergelten, aber auch nicht nachgiebig und gehorsam zu sein. Sie rieten zum gewaltlosen zivilen Ungehorsam – sich mit Leib und Leben einzusetzen, die Gerechtigkeit der eigenen Sache durch die Bereitschaft zu demonstrieren, sich im Widerstand gegen ein ungerechtes Gesetz bestrafen zu lassen. Sie zielten darauf ab, die Herzen ihrer Unterdrücker zu erweichen (und jener, die sich noch nicht für ihre Sache entschieden hatten). King erwies Gandhi seine Reverenz als dem ersten Menschen in der Geschichte, der die goldene oder silberne Regel in ein wirksames Instrument der gesellschaftlichen Veränderung umgewandelt hatte. Und Gandhi erklärte, woher seine Vorgehensweise stammte: »Ich habe die Lehre der Gewaltlosigkeit von meiner Frau gelernt, als ich versuchte, sie nach meinem Willen zu beugen. Ihr entschlossener Widerstand gegen meinen Willen einerseits und ihre stille Unterwerfung unter das Leiden, das meine Dummheit mit sich brachte, andererseits führten letztlich dazu, daß ich mich schämte und daß ich von meiner Dummheit geheilt wurde zu glauben, ich sei geboren, um über sie zu herrschen.« Der gewaltlose zivile Ungehorsam hat in diesem Jahrhundert zu beachtlichen politischen Veränderungen geführt – indem er Indien von der britischen Herrschaft befreite und weltweit das Ende des klassischen Kolonialismus anregte sowie den Afroamerikanern einige Bürgerrechte bescherte –, auch wenn die Androhung von Gewalt durch andere ebenso dazu beigetragen hat, sosehr dies Gandhi und King auch in Abrede stellten. Der African National Congress (ANC) entstand in der Tradition Gandhis. Aber in den

fünfziger Jahren wurde klar, daß man mit gewaltloser Nichtzusammenarbeit mit der herrschenden weißen Nationalist Party keinen Schritt weiterkam. Daher gründeten Nelson Mandela und seine Mitstreiter 1961 den militanten Flügel des ANC, den *Umkhonto we Sizwe*, den Speer der Nation, und zwar mit der ganz und gar nicht gewaltlosen Begründung, das einzige, was die Weißen verstünden, sei Gewalt. Selbst Gandhi hatte Schwierigkeiten, die Regel der Gewaltlosigkeit mit der unabdingbaren Verteidigung gegen jene in Einklang zu bringen, die weniger erhabene Verhaltensregeln hatten: »Ich bin nicht in der Lage, meine Lebensphilosophie zu lehren. Ich bin kaum in der Lage, die Philosophie, an die ich glaube, zu praktizieren. Ich bin nichts weiter als eine arme kämpfende Seele, die sich danach sehnt,... ganz und gar aufrichtig und ganz und gar gewaltlos in Gedanke, Wort und Tat zu sein, aber stets daran scheitert, das Ideal zu erreichen.«

»Vergelte Freundlichkeit mit Freundlichkeit«, hat Konfuzius gesagt, »aber Böses mit Gerechtigkeit.« Dies könnte man die bronzene Regel nennen: »Handle gegenüber anderen, wie sie dir gegenüber handeln.« Es ist das *lex talionis* – »Auge um Auge, Zahn um Zahn« – *plus* »Eine Hand wäscht die andere«. Im tatsächlichen Verhalten von Menschen (und Schimpansen) ist dies eine vertraute Norm. »Wenn der Feind zum Frieden neigt, dann neige auch du zum Frieden«, zitierte Präsident Bill Clinton bei den israelisch-palästinensischen Friedensverhandlungen aus dem Koran. Ohne daß wir an die bessere Seite in anderen Menschen appellieren müssen, führen wir eine Art *modus operandi* ein, indem wir sie belohnen,

wenn sie nett zu uns sind, und sie bestrafen, wenn sie es nicht sind. Wir lassen uns nicht einfach unterkriegen, sind aber auch nicht unversöhnlich. Das klingt vielversprechend. Oder stimmt etwa doch der Spruch: »Unrecht und Unrecht ergibt noch kein Recht«?

Von schlichterem Zuschnitt ist die eiserne Regel: »Handle gegenüber anderen, wie du willst, bevor sie dir gegenüber so handeln.« Manchmal lautet sie auch so: »Wer zahlt, schafft an«, womit nicht nur betont wird, daß sie von der goldenen Regel abweicht, sondern daß sie sie verachtet. Dies ist die geheime Maxime vieler, wenn sie denn damit durchkommen, und oft ist dies das unausgesprochene Rezept der Mächtigen.

Schließlich sollte ich noch zwei weitere Regeln erwähnen, die man im »richtigen« Leben überall findet. Sie erklären eine ganze Menge. Die eine lautet: »Krieche vor denen über dir, und trete die unter dir.« Dies ist das Motto von Rüpel und die Norm in vielen nichtmenschlichen Primatengesellschaften. Eigentlich ist dies die goldene Regel für Vorgesetzte und die eiserne Regel für Untergebene. Da es keine bekannte Legierung aus Gold und Eisen gibt, wollen wir sie wegen ihrer Flexibilität die zinnerne Regel nennen. Die andere weitverbreitete Regel lautet: »Bevorzuge in allen Dingen nahe Verwandte und handle gegenüber anderen, wie du willst.« Diese Nepotismus-Regel heißt bei den Evolutionsbiologen »Verwandtschaftsselektion«.

Obwohl die bronzene Regel offensichtlich so praktisch ist, weist sie einen fatalen Fehler auf: Sie führt zu nicht enden wollenden Fehden. Dabei spielt

es kaum eine Rolle, wer mit der Gewalt angefangen hat. Gewalt zeugt Gewalt, und jede Seite hat Gründe, die andere zu hassen. »Es gibt keinen Weg zum Frieden«, hat A. J. Muste gesagt, »der Frieden *ist* der Weg«. Aber Frieden ist schwer, und Gewalt ist leicht. Selbst wenn fast alle dafür sind, die Blutrache zu beenden, kann ein einziger Vergeltungsakt sie wieder aufflammen lassen: Die schluchzende Witwe eines toten Verwandten und trauernde Kinder stehen vor uns. Alte Männer und Frauen erinnern sich an Greueltaten in ihrer Kindheit. Die Stimme der Vernunft in uns versucht den Frieden zu bewahren, aber die Leidenschaft in uns schreit nach Rache. Die Extremisten in den beiden einander bekriegenden Fraktionen können sich aufeinander verlassen. Sie haben sich gegen uns verbündet und verachten unsere Appelle an Verständnis und Barmherzigkeit. Ein paar Hitzköpfe können eine Legion klügerer und rationalerer Menschen zu Brutalität und Krieg aufstacheln. Viele Politiker im Westen waren so schockiert von dem fürchterlichen Münchner Abkommen mit Adolf Hitler im Jahre 1938, daß sie außerstande waren, zwischen Kooperation und Appeasement zu unterscheiden. Statt jede Geste und Annäherung für sich zu beurteilen, stellen wir bloß fest, daß der Gegner durch und durch böse ist, daß hinter all seinen Konzessionen böse Absichten stecken und daß Zwang das einzige ist, was er versteht. Vielleicht war dies im Falle Hitlers sogar die richtige Einstellung. Aber im allgemeinen ist sie es nicht, so sehr ich wünschte, die Besetzung des Rheinlands wäre gewaltsam verhindert worden. Durch eine solche Haltung verfestigt sich die Feindseligkeit auf beiden

Seiten, und ein Konflikt wird viel wahrscheinlicher. In einer Welt mit Kernwaffen bringt kompromißlose Feindseligkeit besondere und ganz schreckliche Gefahren mit sich. Es ist sehr schwer, behaupte ich, aus einer langen Reihe von Tat und Vergeltung auszubrechen. Es gibt ethnische Gruppen, die sich bis zur Auslöschung dezimiert haben, weil sie keinen Mechanismus kannten, mit dem sie sich diesem Teufelskreis hätten entziehen können, wie zum Beispiel die Kaingäng des brasilianischen Hochlands. Weitere Beispiele sind die einander bekämpfenden Nationalitäten im ehemaligen Jugoslawien, in Ruanda und anderswo. Die bronzene Regel ist offenbar zu unversöhnlich. Die eiserne Regel fördert den einseitigen Vorteil einer rücksichtslosen und mächtigen Minderheit gegenüber den Interessen aller anderen. Die goldene und die silberne Regel sind anscheinend zu selbstgefällig. Sie versagen systematisch, wenn es darum geht, Grausamkeit und Ausbeutung zu bestrafen. Sie hoffen, die Menschen dazu zu bewegen, sich vom Bösen dem Guten zuzuwenden, indem sie zeigen, daß Freundlichkeit möglich ist. Aber es gibt Soziopathen, die sich nicht viel um die Gefühle anderer kümmern, und man kann sich kaum vorstellen, daß sich ein Hitler oder ein Stalin durch gute Beispiele hätten zur Umkehr bewegen lassen. Gibt es vielleicht eine Regel zwischen der goldenen und der silbernen einerseits und der bronzenen, eisernen und zinnernen andererseits, die besser funktioniert als eine von den anderen? Wie kann man sagen, welche Regel man anwenden soll, welche funktionieren wird, wenn es so viele verschiedene gibt? Selbst für ein und denselben

Menschen oder ein und dasselbe Land kann mehr als eine jeweils gültige Regel gültig sein. Sind wir dazu verurteilt, die einfach zu erraten, uns auf unsere Intuition zu verlassen oder bloß das nachzuplappern, was uns beigebracht wurde? Wenn wir nur für einen Augenblick einmal alle Regeln beiseite schieben, die uns beigebracht wurden, dann *müssen* die Regeln, die wir – vielleicht aus einem tiefverwurzelten Gerechtigkeitssinn heraus – leidenschaftlich empfinden, richtig sein. Nehmen wir an, wir versuchen nicht das, was uns beigebracht wurde, zu bestätigen oder zu verleugnen, sondern herauszufinden, welche Regeln oder welche Mischung aus Regeln wirklich funktionieren. Gibt es eine Möglichkeit, konkurrierende ethische Kodizes zu testen? Wenn wir einräumen müssen, daß die reale Welt viel komplizierter als jede Simulation sein kann, können wir die Angelegenheit dann wissenschaftlich untersuchen?

Wir sind es gewohnt, Spiele zu spielen, in denen jemand gewinnt und jemand anderes verliert. Jeder Punkt, den unser Gegner macht, wirft uns um genau soviele zurück. »Gewinner-Verlierer-Spiele« scheinen ganz natürlich zu sein, und viele Menschen haben größte Mühe, sich ein Spiel einfallen zu lassen, bei dem es nicht um Gewinnen und Verlieren geht. Bei Gewinner-Verlierer-Spielen sind Gewinnen und Verlieren in etwa ausgeglichen. Darum werden sie auch »Nullsummenspiele« genannt. Die Absichten Ihres Gegners sind unzweideutig: Im Rahmen der Spielregeln setzt er alles daran, Sie zu schlagen. Viele Kinder sind entgeistert, wenn sie zum ersten Mal am

eigenen Leib erfahren, wie es ist, in einem Gewinner-Verlierer-Spiel der Verlierer zu sein. Wenn sie beim Monopoly am Rande des Bankrotts stehen, bitten sie um einen Sondererlaß (zum Beispiel einen Mietverzicht), und wenn ihnen der nicht gewährt wird, können sie das Spiel unter Tränen als grausam und gefühllos abtun – was es natürlich auch ist. (Ich habe schon erlebt, wie das Spielbrett umgekippt wurde und Hotels, »Zufallskarten« und Spielsteine vor Zorn und Erniedrigung auf den Boden geschleudert wurden – und zwar nicht nur von Kindern.) Im Rahmen der Regeln von Monopoly gibt es keine Möglichkeit für die Spieler, auf eine Weise miteinander zu kooperieren, daß alle profitieren. Darauf ist das Spiel nicht angelegt. Das gilt auch für Boxen, Football, Hockey, Basketball, Baseball, Lacrosse, Tennis, Rackett, Schach, alle olympischen Sportarten, Segelregatten und Autorennen, Pinokel, Himmel und Hölle und Verstecken. In keinem dieser Spiele gibt es eine Möglichkeit, die goldene oder silberne, ja nicht einmal die bronzene Regel anzuwenden. Hier gelten nur die eiserne und die zinnerne Regel. Wenn wir schon die goldene Regel verehren, warum kommt sie dann so selten in den Spielen vor, die wir unseren Kindern beibringen? Nach Jahrmillionen, in denen einzelne Stämme immer wieder miteinander gekämpft haben, denken wir nur zu gern im Nullsummenmodus und behandeln jede Interaktion als Kampf oder Konflikt. Allerdings sind Atomkrieg (und viele konventionelle Kriege), wirtschaftliche Depression und Anschläge auf die globale Umwelt nichts weiter als »Verlierer-Verlierer-Unternehmungen«. So vitale menschliche Anliegen

wie Liebe, Freundschaft, Elternschaft, Musik, Kunst und das Streben nach Wissen sind »Gewinner-Gewinner-Unternehmungen«. Unser Horizont ist gefährlich eng, wenn wir nichts weiter als Gewinnen und Verlieren kennen. Das Wissenschaftsgebiet, das sich mit derartigen Dingen befaßt, heißt Spieltheorie, und diese Theorie findet ihre Anwendung in militärischen Taktiken und Strategien, in der Handelspolitik, im unternehmerischen Wettbewerb, bei der Begrenzung der Umweltverschmutzung und in Plänen für einen Atomkrieg. Das typische Spiel ist das Gefangenen-Dilemma. Es ist ganz und gar ein Nicht-Nullsummenspiel. Es sind Gewinner-Gewinner-, Gewinner-Verlierer- und Verlierer-Verlierer-Ergebnisse möglich. »Heilige« Bücher vermitteln hier kaum nützliche strategische Erkenntnisse. Es ist ein völlig pragmatisches Spiel.

Stellen Sie sich vor, Sie und ein Freund werden wegen eines schweren Verbrechens verhaftet. Für das Ziel des Spiels spielt es keine Rolle, ob einer von Ihnen beiden, keiner oder Sie beide es begangen haben. Es zählt nur, daß die Polizei glaubt, Sie hätten es begangen. Bevor Sie beide irgendeine Chance haben, Ihre Aussagen miteinander abzustimmen oder eine Strategie zu planen, werden Sie in getrennte Vernehmungszellen gesteckt. Dort setzen sich die Beamten über die Ihnen zustehenden Rechte (»Sie haben das Recht zu schweigen...«) hinweg und versuchen, Sie zu einem Geständnis zu bringen. Sie erklären Ihnen, wie das Polizisten manchmal so tun, Ihr Freund habe gestanden und Sie mit hineingezogen. (Schöner Freund!) Die Polizei könnte die Wahrheit sagen. Oder sie könnte lügen. Sie dürfen sich nur als

unschuldig oder schuldig bekennen. Wenn Sie bereit sind, irgend etwas zu sagen, wie können Sie dann am besten das Strafmaß minimieren?

Und dies sind die möglichen Ergebnisse: Wenn Sie leugnen, das Verbrechen begangen zu haben, und Ihr Freund dies ebenfalls leugnet (ohne daß Sie es wissen), könnte die Anklage kaum bewiesen werden. Beim Aushandeln des Schuldspruchs wird Ihr beider Urteil sehr milde ausfallen. Wenn Sie gestehen und auch Ihr Freund gesteht, dann mußte der Staat nur wenig Mühe aufwenden, um das Verbrechen aufzuklären. Im Gegenzug bekommen Sie beide vielleicht ein ziemlich mildes Urteil, auch wenn es nicht so milde sein dürfte, wie wenn Sie beide Ihre Unschuld beteuert hätten. Aber wenn Sie sich für unschuldig erklären und Ihr Freund gesteht, wird der Staatsanwalt die Höchststrafe für Sie und die niedrigste Strafe (vielleicht sogar keine) für Ihren Freund verlangen. Oje! Sie sind sehr anfällig für eine bestimmte Art von Doppelspiel – Spieltheoretiker nennen das »Lossagung«. Ihr Freund übrigens auch.

Wenn Sie und Ihr Freund also miteinander »kooperieren« – beide bekennen sich unschuldig (oder schuldig) –, bleibt Ihnen das Schlimmste erspart. Sollten Sie auf Nummer Sicher gehen und garantiert nur eine mittlere Strafe bekommen wollen, indem sie gestehen? Wenn Ihr Freund sich für unschuldig erklärt, während Sie sich schuldig bekennen, nun, dann ist das sein Pech, und Sie könnten ungeschoren davonkommen.

Wenn Sie das Ganze durchdenken, werden Sie feststellen, daß Sie besser dran sind, wenn Sie sich lossagen, als wenn Sie kooperieren, was auch immer

Ihr Freund tut. Verrückterweise gilt das gleiche für Ihren Freund. Aber wenn Sie beide sich lossagen, sind Sie beide schlechter dran, als wenn Sie beide kooperiert hätten. Das also ist das Gefangenendilemma.

Stellen Sie sich nun ein wiederholtes Gefangenendilemma vor, bei dem die beiden Spieler eine Reihe solcher Spiele absolvieren. Am Ende jedes Spiels können sie sich anhand ihrer Strafe ausrechnen, wofür der andere plädiert haben muß. Sie sammeln Erfahrungen über die jeweilige Strategie des anderen (und seinen Charakter) . Werden sie lernen, Spiel für Spiel miteinander zu kooperieren, indem beide stets leugnen, ein Verbrechen begangen zu haben? Auch wenn es sich durchaus lohnt, den anderen zu verpfeifen? Sie könnten versuchen zu kooperieren oder sich loszusagen, je nachdem wie das vorherige Spiel oder die vorherigen Spiele gelaufen sind. Wenn Sie zuviel kooperieren, könnte der andere Spieler Ihre Gutmütigkeit ausnutzen. Wenn Sie sich zu oft lossagen, wird auch Ihr Freund sich wahrscheinlich oft lossagen, und das ist für Sie beide schlecht. Sie wissen, daß Ihr Lossagungsmuster den anderen Spieler mit Daten versorgt. Was ist also die richtige Mischung aus Kooperation und Lossagung? Wie man sich verhalten soll, wird so, wie alles andere in der Natur, zu einer Frage, die experimentell untersucht werden muß.

Das ist in einem Computerwettbewerb der University of Michigan geschehen und von dem Soziologen Robert Axelrod in seinem bemerkenswerten Buch *The Evolution of Cooperation* dargestellt worden. Verschiedene Verhaltenskodizes

werden einander gegenübergestellt, und am Ende sehen wir, wer gewinnt (beziehungsweise die mildeste Gesamtstrafe erhält). Die einfachste Strategie könnte darin bestehen, daß man die ganze Zeit kooperiert, ganz gleich, wie sehr man ausgenutzt wird, oder nie kooperiert, ganz gleich, welche Vorteile man aus der Kooperation ziehen könnte. Das sind die goldene und die eiserne Regel. Wer sie anwendet, verliert immer, der eine wegen eines Übermaßes an Güte, der andere wegen übertriebener Rücksichtslosigkeit. Strategien, die zögern, eine Lossagung zu bestrafen, verlieren, und zwar zum Teil deswegen, weil sie signalisieren, daß die Nichtkooperation gewinnen kann. Die goldene Regel ist nicht nur eine erfolglose Strategie – sie ist auch für andere Spieler gefährlich, die vielleicht kurzfristig Erfolg haben, nur um dann langfristig von Partnern fertiggemacht zu werden, die sie ausnutzen. Sollen Sie sich zunächst lossagen, aber bei allen künftigen Spielen kooperieren, wenn Ihr Gegenspieler auch nur einmal kooperiert? Sollen Sie zunächst kooperieren, aber sich bei allen künftigen Spielen lossagen, wenn Ihr Gegenspieler sich auch nur einmal lossagt? Auch diese Strategien verlieren. Anders als im Sport können Sie sich nicht darauf verlassen, daß Ihr Gegenspieler stets darauf aus ist, Sie zu besiegen.

Die effektivste Strategie in vielen derartigen Wettspielen heißt: »Wie du mir, so ich dir.« Sie ist ganz simpel: Sie kooperieren am Anfang und machen in jeder folgenden Runde einfach das, was Ihr Gegenspieler das letzte Mal gemacht hat. Sie bestrafen zwar Lossagungen, aber sobald Ihr Partner kooperiert, sind Sie bereit, die Vergangenheit ruhen zu lassen. Zunächst scheint das nur auf einen mittleren

Erfolg hinauszulaufen. Aber im Laufe der Zeit schneidet sich der Gegenspieler mit den anderen Strategien ins eigene Fleisch, entweder aus zuviel Güte oder zuviel Grausamkeit, und dieser mittlere Weg garantiert einen Vorsprung. Abgesehen davon, daß Sie beim ersten Zug immer nett sind, ist die Wie-du-mir-so-ich-dir-Strategie identisch mit der bronzenen Regel. Sie belohnt prompt (nämlich gleich im nächsten Spiel) die Kooperation und bestraft die Lossagung, und sie hat den großen Vorzug, daß sie Ihre Strategie Ihrem Gegenspieler absolut klarmacht, denn strategische Zweideutigkeit kann tödlich sein.

ÜBERSICHT ÜBER DIE MÖGLICHEN LEBENSREGELN

Die goldene Regel - Handle gegenüber anderen so, wie du willst, daß sie dir gegenüber handeln.

Die silberne Regel - Handle gegenüber anderen nicht so, wie du nicht willst, daß sie dir gegenüber handeln.

Die bronzene Regel - Handle gegenüber anderen, wie sie dir gegenüber handeln.

Die eiserne Regel - Handle gegenüber anderen, wie du willst, bevor sie dir gegenüber so handeln.

Die Wie-du-mir-so-ich-dir-Regel - Kooperiere zuerst immer mit anderen, dann handle ihnen gegenüber so, wie sie dir gegenüber handeln.

Sobald mehrere Spieler die Wie-du-mir-so-ich-dir-Regel anwenden, erzielen sie zusammen bessere Ergebnisse. Um Erfolg zu haben, müssen Wie-du-mir-so-ich-dir-Strategen andere Mitspieler finden, mit denen sie kooperieren können, die bereit sind,

Gleiches mit Gleichem zu vergelten. Nach dem ersten Wettbewerb, in dem die bronzene Regel unerwarteterweise gewann, glaubten einige Experten, die Strategie sei zu versöhnlich. Beim nächsten Turnier versuchten sie das auszunutzen, indem sie sich öfter lossagten. Sie verloren immer. Selbst erfahrene Strategen neigten dazu, die Kraft der Versöhnlichkeit zu unterschätzen. Zur Wie-du-mir-so-ich-dir-Regel gehört eine interessante Mischung aus unterschiedlichen Neigungen: die anfängliche Freundlichkeit, die Bereitschaft zu vergeben und die furchtlose Vergeltung. Axelrod berichtet in dem erwähnten Buch, wie überlegen die Wie-du-mir-so-ich-dir-Regel in solchen Wettbewerben ist. Etwas Ähnliches läßt sich im gesamten Tierreich antreffen und ist bei unseren nächsten Verwandten, den Schimpansen, genau untersucht worden. Der Biologe Robert Trivers hat dieses Phänomen beschrieben und »reziproken Altruismus« genannt: Tiere können einander einen Gefallen tun, weil sie erwarten, daß dieser Gefallen erwidert wird – nicht jedesmal, aber doch so oft, daß es sinnvoll ist. Dies ist zwar kaum eine immer gleichbleibende moralische Strategie, aber sie ist auch nicht ungewöhnlich. Es ist also nicht nötig, über die Antiquiertheit der goldenen, silbernen, bronzenen und der Wie-du-mir-so-ich-dir-Regel und über den Vorrang der moralischen Vorschriften im dritten Buch Mose zu diskutieren. Ethische Regeln dieser Art sind ursprünglich nicht von irgendeinem erleuchteten menschlichen Geist erfunden worden. Sie reichen tief in unsere evolutionäre Vergangenheit zurück. Es gab sie schon bei unseren Vorfahren zu einer Zeit, als wir noch gar nicht Menschen waren.

Das Gefangenen-Dilemma ist ein ganz einfaches Spiel. Das wirkliche Leben ist erheblich komplexer. Wenn er unseren Apfel dem Bleistiftmann gibt, wird dann mein Vater wohl eher einen Apfel wiederbekommen? Nicht vom Bleistiftmann – den werden wir nie wiedersehen. Aber könnten verbreitete wohltätige Handlungen die Wirtschaft verbessern und meinem Vater eine Gehaltserhöhung verschaffen? Oder geben wir den Apfel um eines emotional-moralischen, nicht um eines ökonomischen Lohns her? Im Unterschied zu den Spielern in einem idealen Gefangenen-Dilemma lassen sich Menschen und Völker bei ihren Interaktionen auch von gewissen ererbten oder kulturell erworbenen Prädispositionen leiten.

Was sind also die zentralen Lehren aus einem nicht sehr langwierigen Gefangenen-Dilemma-Turnier? Daß Strategien klar sein müssen. Daß Neid nichts bringt. Daß langfristige Ziele wichtiger sind als kurzfristige. Daß Härte wie Schwäche gefährlich ist. Und vor allem, daß der Umgang mit all diesen Lebensregeln eine Frage des Experimentierens ist. Die Spieltheorie verweist auch darauf, daß ein umfassendes historisches Wissen ein entscheidendes Instrument für das Überleben ist.

Gettysburg und die Gegenwart^{*}

»Diese Rede wurde am 3. Juli 1988 vor annähernd 30.000 Menschen anlässlich des 125. Jahrestags der Schlacht von Gettysburg und der erneuten Einweihung des Eternal Light Peace Memorial im Gettysburg National Military Park in Gettysburg, Pennsylvania, gehalten. Alle 25 Jahre wird das Friedensmahnmal in Gettysburg erneut eingeweiht; Vorredner waren die Präsidenten Wilson, Franklin Roosevelt und Eisenhower.«

Aus: *Lend Me Your Ears: Great Speeches in History*,
ausgewählt und eingeleitet
von William Safire (New York 1992)

51.000 Menschen sind hier getötet oder verwundet worden – die Vorfahren einiger von uns, die Brüder von uns allen. Dies war das erste umfassende Beispiel eines industrialisierten Kriegs (Gemeint ist der amerikanische Bürgerkrieg (1861-1865). Die Schlacht von Gettysburg (im Juli 1863) markierte die entscheidende Wende zugunsten der Union (der Nordstaaten)), mit maschinell hergestellten Waffen und dem Transport von Männern und Material per

^{*} Diese Rede wurde gemeinsam mit Ann Druyan verfaßt. Sie ist für dieses Buch überarbeitet und auf den aktuellen Stand gebracht worden.

Eisenbahn. Er war das erste Anzeichen eines kommenden Zeitalters, unseres Zeitalters; ein Vorgeschmack auf das, wozu eine Technik imstande sein könnte, die auf die Erreichung von Kriegszielen ausgerichtet wird. Hier wurde das neue Spencer-Repetiergewehr eingesetzt. Im Mai 1863 machte ein Aufklärungsballon der Potomac-Armee eine Bewegung von konföderierten Truppen am anderen Ufer des Rappahannock River aus – den Anfang des Feldzugs, der zur Schlacht von Gettysburg führte. Dieser Ballon war ein Vorläufer von Luftstreitkräften, strategischen Bombardements und Aufklärungssatelliten.

Ein paar hundert Artilleriegeschütze wurden in der dreitägigen Schlacht von Gettysburg eingesetzt. Was konnten sie ausrichten? Wie war so ein Krieg damals? Hier ein Augenzeugenbericht von Frank Haskell aus Wisconsin, der auf diesem Schlachtfeld auf der Seite der Unionsarmeen kämpfte. In einem Brief an seinen Bruder schildert er ein alptraumhaftes Erlebnis:

»Wir konnten die Granate oft nicht sehen, bevor sie zerbarst, aber manchmal, wenn wir dem Feind gegenüberstanden und über unsere Köpfe hochschauten, wurde das Heranrasen durch ein langgezogenes Zischen angekündigt, das mir immer wie eine Linie von etwas Greifbarem vorkam und das in einer schwarzen Kugel endete, die für das Auge so deutlich auszumachen war, wie es der Schall für das Ohr gewesen war. Die Granate schien innezuhalten, für einen Augenblick in der Luft zu hängen und dann in Feuer und Rauch und Lärm zu verschwinden....

Keine zehn Yards von uns entfernt zerbarst eine Granate zwischen einigen Büschen, wo drei oder vier Ordonnanzen saßen und Pferde hielten. Zwei Mann und ein Pferd wurden getötet.«

Das war ein für die Schlacht von Gettysburg typischer Vorfall. So etwas wiederholte sich Tausende von Malen. Die Projektile, die von den Kanonen abgeschossen wurden, die Sie überall auf diesem Gettysburg-Mahnmal sehen können, hatten bestenfalls eine Reichweite von ein paar Meilen. Das furchtbarste Geschoß enthielt rund 20 Pfund Sprengstoff – etwa eine hundertstel Tonne TNT. Das reichte aus, um ein paar Menschen zu töten. Die stärksten chemischen Sprengkörper, die 80 Jahre später, im Zweiten Weltkrieg, eingesetzt wurden, waren die sogenannten »Blockbuster« – sie konnten einen ganzen Wohnblock zerstören. Jede dieser Bomben, die nach einem Flug von Hunderten von Meilen aus einem Flugzeug abgeworfen wurde, enthielt etwa zehn Tonnen TNT, tausendmal soviel wie die stärkste Waffe in der Schlacht von Gettysburg. Eine Blockbuster-Bombe konnte ein paar Dutzend Menschen töten.

Ganz am Ende des Zweiten Weltkriegs setzten die USA die ersten Atombomben ein, um zwei japanische Städte zu vernichten. Jede dieser Waffen, die nach einer Reise von bis zu 1000 Meilen abgeworfen wurde, entsprach ihrer Sprengkraft nach etwa 10.000 Tonnen TNT, und das reichte aus, um ein paar hunderttausend Menschen zu töten. Eine einzige Bombe!! Ein paar Jahre später entwickelten die USA und die Sowjetunion die ersten thermonuklearen Waffen, die ersten Wasserstoffbomben. Einige

besaßen eine Sprengkraft, die zehn Millionen Tonnen TNT entsprach – genug, um ein paar Millionen Menschen zu töten. Eine einzige Bombe! Strategische Kernwaffen lassen sich inzwischen auf jeden Ort auf diesem Planeten abschießen. Überall auf der Erde befindet sich heute ein potentielles Schlachtfeld. Jeder dieser technischen Triumphe brachte die Kunst des Massenmords um den Faktor 1000 voran. Von Gettysburg zur Blockbuster-Bombe tausendmal mehr Sprengkraft, von der Blockbuster zur Atombombe weitere tausendmal mehr, und von der Atombombe zur Wasserstoffbombe noch einmal tausendmal mehr. 1000 mal 1000 mal 1000 sind eine Milliarde – in weniger als einem Jahrhundert ist unsere furchtbarste Waffe einmilliardenmal tödlicher geworden. Aber wir sind im Laufe der Generationen, die von Gettysburg bis zu uns reichen, nicht weiser geworden. Die Menschen, die hier starben, würden das Blutbad, das wir heute anrichten können, als unvorstellbar empfinden. Gegenwärtig halten die USA und die Sowjetunion auf unserem Planeten fast 60.000 Kernwaffen in Bereitschaft. 60.000 Kernwaffen! Selbst ein kleiner Bruchteil der strategischen Arsenale könnte zweifellos die beiden einander befehlenden Supermächte vernichten, wahrscheinlich die globale Zivilisation zerstören und möglicherweise die Spezies Mensch auslöschen. Kein Land, kein Mensch sollte so viel Macht besitzen. Wir verteilen diese Instrumente der Apokalypse über unsere zerbrechliche Welt und rechtfertigen dies damit, daß es sie sicher gemacht habe. Was für ein törichter Handel!

Die 51.000 Opfer hier in Gettysburg stellten ein Drittel der konföderierten Armee und ein Viertel der

Unionsarmee dar. Alle, die starben, waren, mit ein oder zwei Ausnahmen, Soldaten. Die bekannteste Ausnahme war eine Zivilistin in ihrem Haus, die sich gerade anschickte, einen Laib Brot zu backen, und durch zwei geschlossene Türen hindurch erschossen wurde; ihr Name war Jennie Wade. Aber in einem globalen thermonuklearen Krieg wären fast alle Opfer Zivilisten – Männer, Frauen und Kinder, darunter sehr viele Bürger von Ländern, die sich an dem Streit, der zum Krieg geführt hätte, nicht beteiligt hätten, Bürger von Ländern, die weit entfernt wären von der »Zielzone« der mittleren nördlichen Breiten. Es würde Milliarden von Jennie Wades geben. Heute ist jeder Mensch auf Erden in Gefahr. In Washington steht ein Denkmal für die Amerikaner, die im jüngsten größeren US-Krieg starben, dem in Südostasien. Rund 58.000 Amerikaner kamen in ihm um, eine Zahl, die sich gar nicht so sehr von der der Opfer hier in Gettysburg unterscheidet. (Dabei vergesse ich, wie wir dies nur zu oft tun, die ein oder zwei Millionen Vietnamesen, Laoten und Kambodschaner, die ebenfalls in jenem Krieg umgekommen sind.) Denken Sie an dieses dunkle, düstere, schöne und bewegende Denkmal. Denken Sie daran, wie lang es ist – eigentlich nicht viel länger als eine Vorortstraße. 58.000 Namen. Stellen Sie sich nun vor, daß wir so töricht oder unaufmerksam sind, einen Atomkrieg zuzulassen, und daß danach irgendwie eine ähnliche Gedenkmauer errichtet wird. Wie lang würde sie sein müssen, um die Namen all derer zu enthalten, die in einem größeren Atomkrieg sterben würden? Etwa 1000 Meilen lang. Sie würde sich von hier in Pennsylvania bis nach Missouri erstrecken. Aber

natürlich gäbe es dann niemanden, der sie erbauen würde, und nur wenige würden die Liste der Gefallenen lesen können.

1945, am Ende des Zweiten Weltkriegs, waren die USA und die Sowjetunion praktisch unverwundbar. Die USA – im Osten und Westen durch riesige und unpassierbare Ozeane begrenzt, im Norden und Süden von schwachen und freundlichen Nachbarn umgeben – besaßen die am effizientesten bewaffneten Streitkräfte und die stärkste Wirtschaft auf dem Planeten. Wir mußten uns vor nichts fürchten. Also bauten wir Kernwaffen und ihre Abschußvorrichtungen. Wir leiteten ein Wettrüsten mit der Sowjetunion ein und trieben es energisch voran. Als wir fertig waren, hatten alle Bürger der USA ihr Leben in die Hände der sowjetischen Führer gelegt. Selbst heute, nach dem Kalten Krieg, nach dem Zerfall der Sowjetunion, wären wir 20 Minuten später tot, falls Moskau entscheiden sollte, daß wir sterben müßten. In einer fast vollkommenen Symmetrie dazu besaß die Sowjetunion 1945 das größte stehende Heer der Welt und mußte sich vor keiner bedeutenden militärischen Drohung fürchten. Sie schloß sich den USA beim atomaren Wettrüsten an, so daß heute alle Menschen in Rußland ihr Leben in die Hände der amerikanischen Führer gelegt haben. Falls Washington entschiede, daß sie sterben müßten, wären sie 20 Minuten später tot. Das Leben aller amerikanischen und aller russischen Bürger liegt in den Händen einer fremden Macht. Ich habe von einem törichten Handel gesprochen. Wir – wir Amerikaner, wir Russen – haben 43 Jahre und ein gewaltiges Volksvermögen darauf verwendet, um uns äußerst an-

fällig für die sofortige Vernichtung zu machen. Wir haben dies im Namen der Vaterlandsliebe und der »nationalen Sicherheit« getan, so daß niemand es in Frage stellen darf. Zwei Monate vor Gettysburg, am 3. Mai 1863, gab es einen Triumph der Konföderierten, die Schlacht von Chancellorsville. In der mondklaren Nacht nach dem Sieg wurden General Stonewall Jackson und sein Stab bei der Rückkehr zu den Linien der Konföderierten versehentlich für Berittene der Union gehalten. Jackson wurde von seinen eigenen Männern irrtümlicherweise zweimal angeschossen. Er erlag seinen Wunden. Wir begehen Fehler. Wir töten unsere eigenen Leute. Einige behaupten, da wir noch keinen zufällig ausgelösten Atomkrieg gehabt hätten, müßten die Vorkehrungen zur Verhinderung eines solchen Kriegs ausreichen. Aber es ist noch keine drei Jahre her, da erlebten wir die beiden Katastrophen des Space Shuttle *Challenger* und des Atomkraftwerks Tschernobyl – von katastrophalen High-Tech-Systemen, einem amerikanischen und einem sowjetischen, in die viel nationales Prestige investiert worden war. Es gab zwingende Gründe, diese Katastrophen zu verhindern. Noch ein Jahr zuvor hatten Offizielle beider Länder glaubhaft versichert, derartige Unfälle könnten nie passieren. Wir brauchten uns keine Sorgen zu machen. Die Experten würden es nicht zulassen, daß sich solch ein Unfall ereigne. Seither haben wir gelernt, daß derartige Versicherungen nicht viel wert sind.

Wir begehen Fehler. Wir töten unsere eigenen Leute. Dies ist das Zeitalter von Hitler und Stalin, Beweis genug – falls es noch eines bedurfte –, daß

Wahnsinnige die Zügel der Macht über moderne Industriestaaten ergreifen können. Wenn wir mit einer Welt mit fast 60.000 Kernwaffen zufrieden sind, verwetten wir unser Leben auf die Aussage, daß kein gegenwärtiger oder künftiger militärischer oder ziviler Führer – der USA, der Sowjetunion, Englands, Frankreichs, Chinas, Israels, Indiens, Pakistans, Südafrikas oder einer künftigen Atommacht – jemals von den strengsten Normen der Vernunft abweichen wird. Wir verlassen uns auf ihre geistige Gesundheit und Nüchternheit selbst in Zeiten großer persönlicher und nationaler Krisen – von allen und jederzeit. Ich meine, das ist zuviel von uns verlangt. Weil wir Fehler begehen. Wir töten unsere eigenen Leute.

Das atomare Wettrüsten und der damit verbundene kalte Krieg kosten einiges. Sie sind nicht umsonst zu haben. Vom ungeheuren Abzweigen fiskalischer und intellektueller Ressourcen aus der zivilen Wirtschaft wie von den psychischen Kosten für ein Leben unter dem Damoklesschwert einmal abgesehen – was ist der Preis des kalten Kriegs?

Vom Anfang der Auseinandersetzung im Jahre 1946 bis zu ihrem Ende im Jahre 1989 haben die USA in ihrer globalen Konfrontation mit der Sowjetunion weit über zehn Billionen Dollar (entsprechend dem Dollarwert von 1989) aufgewendet. Mehr als ein Drittel dieser Summe wurde von der Regierung Reagan ausgegeben, womit sich die Staatsschulden stärker erhöhten als unter allen vorherigen Regierungen seit George Washington zusammengekommen. Zu Beginn des Konflikts war das Land in jeder entscheidenden Hinsicht von keiner militärischen Streitmacht anzugreifen. Heute sind die

USA trotz dieser ungeheuren Ausgaben (und ungeachtet des Endes des kalten Kriegs) praktisch der sofortigen Vernichtung preisgegeben.

Ein Unternehmen, das sein Kapital so leichtsinnig und mit so geringer Effizienz ausgabe, wäre schon seit langem bankrott. Leitende Angestellte, die ein so klares Scheitern der Unternehmenspolitik nicht erkennen könnten, wären schon längst von den Aktionären entlassen worden.

Was hätten die USA nicht alles mit diesem Geld anfangen können (nicht mit dem ganzen Geld, weil eine vernünftige Verteidigung natürlich notwendig ist – aber sagen wir mit der Hälfte)? Für etwas mehr als fünf Billionen Dollar, geschickt angelegt, hätten wir erhebliche Fortschritte bei der Beseitigung von Hunger, Obdachlosigkeit, ansteckenden Krankheiten, Analphabetismus, Unwissenheit, Armut und beim Schutz der Umwelt machen können – und zwar nicht bloß in den USA, sondern weltweit. Wir hätten zu einer nachhaltigen Landwirtschaft auf dem Planeten beitragen und viele Ursachen von Gewalt und Krieg beseitigen können. Und dies hätte für die amerikanische Wirtschaft ungeheuer profitabel sein können. Wir hätten die Staatsschulden drastisch kürzen können. Für weniger als ein Prozent dieses Geldes hätten wir ein langfristiges internationales Programm für die bemannte Erkundung des Mars auf die Beine stellen können. Wunderwerke des menschlichen Erfindungsgeistes in Kunst, Architektur, Medizin und Wissenschaft hätten über Jahrzehnte mit einem winzigen Bruchteil dieses Geldes gefördert werden können. Technik und Unternehmertum hätten erstaunliche Chancen gehabt.

Waren wir weise, so viel von unserem gewaltigen Reichtum für die Vorbereitungen zu einem Krieg und die dafür notwendige Ausrüstung auszugeben? Gegenwärtig belaufen sich unsere Verteidigungsausgaben noch immer auf dem Niveau des kalten Kriegs. Was für ein törichter Handel! Wir sind in einer tödlichen Umklammerung mit der Sowjetunion verstrickt gewesen, wobei sich jede Seite immer von den Fehlern der anderen antreiben ließ, fast immer kurzfristige Ziele im Auge – die nächste Kongreß- oder Präsidentschaftswahl, den nächsten Parteikongreß – und fast nie das große Ganze im Blick hatte. Dwight Eisenhower, der mit dieser Gettysburg-Gemeinschaft eng verbunden war, hat einmal gesagt: »Das Problem bei den Verteidigungsausgaben besteht darin herauszufinden, wie weit man gehen kann, ohne von innen zu zerstören, was man von außen zu verteidigen sucht.« Ich sage, wir sind zu weit gegangen.

Wie kommen wir aus diesem Schlamassel wieder heraus? Ein umfassendes Testverbotsabkommen würde alle künftigen Kernwaffentests stoppen – auf technischer Ebene treiben sie in erster Linie das atomare Wettrüsten auf beiden Seiten an. Wir müssen uns ferner von dem ruinös teuren *Star-Wars*-Konzept verabschieden, das die Zivilbevölkerung nicht vor einem Atomkrieg schützen kann und die nationale Sicherheit der USA nicht erhöht, sondern verringert. Wenn wir schon die Abschreckung verbessern wollen, gibt es weitaus bessere Möglichkeiten. Wir müssen für eine sichere, massive und rückhaltlos überwachte Reduzierung der strategischen und taktischen Kernwaffenarsenale der USA, Rußlands und aller

anderen Länder sorgen. Das INF- und das START-Abkommen stellen dabei zwar kleine Schritte dar, gehen aber in die richtige Richtung.

Weil Kernwaffen vergleichsweise billig sind, stellen die konventionellen militärischen Streitkräfte stets den größten Kostenfaktor dar. Heute haben wir jedoch eine außergewöhnliche Chance, auch die zu verringern, denn Russen und Amerikaner haben sich zu einem größeren Abbau der konventionellen Streitkräfte in Europa verpflichtet. Dieser Truppenabbau sollte auf Japan, Korea und andere Länder ausgeweitet werden, die absolut in der Lage sind, sich selbst zu verteidigen. Eine derartige Reduktion konventioneller Truppen liegt im Interesse des Friedens wie im Interesse einer gesunden amerikanischen Wirtschaft. Wir sollten den Russen auf halbem Wege entgegenkommen. Gegenwärtig werden weltweit etwa eine Billion Dollar pro Jahr für militärische Rüstung ausgegeben, und zwar größtenteils für konventionelle Waffen. Die USA und Rußland sind in diesem gigantischen Geschäft die führenden Waffenhändler. Doch dieses Geld wird in erster Linie nur deshalb ausgegeben, weil die Völker der Welt nicht in der Lage sind, sich mit ihren Gegnern zu versöhnen, und ein Teil des Geldes wird sicher auch deshalb ausgegeben, weil manche Regimes Truppen benötigen, um ihr eigenes Volk zu unterdrücken und einzuschüchtern. Diese Billion Dollar pro Jahr nimmt den Armen das tägliche Brot weg. Sie läßt potentiell effiziente Volkswirtschaften verkümmern. Das ist eine skandalöse Verschwendung, die wir nicht einfach hinnehmen sollten. Es wird Zeit, daß wir von denen lernen, die

hier gefallen sind. Und es wird Zeit zu handeln.

Zum Teil ging es im amerikanischen Bürgerkrieg um die Freiheit, darum, die Segnungen der amerikanischen Revolution allen Amerikanern zugute kommen zu lassen, das tragischerweise unerfüllte Versprechen »Freiheit und Gerechtigkeit für alle« einzulösen. Es bereitet mir Sorge, wenn ich sehe, wie wenig historische Muster und ihre aktuelle Gültigkeit erkannt werden. Heute tragen die Freiheitskämpfer zwar keinen Dreispitz mehr und spielen nicht mehr Querpfeife und Trommel. Sie treten in anderen Kostümen auf. Sie sprechen vielleicht andere Sprachen. Sie können anderen Religionen angehören. Ihre Hautfarbe kann anders sein. Aber sie kämpfen auch für die Freiheit, und das Bekenntnis zu ihr bedeutet nichts, wenn wir uns nur für unsere eigene Freiheit begeistern. Überall fordern die Menschen: »Ohne Vertretung keine Besteuerung«, und in West- und Ostafrika, in der jordanischen Westbank, in Osteuropa oder in Mittelamerika rufen immer mehr: »Gebt uns die Freiheit, oder gebt uns den Tod.« Warum sind wir nicht fähig, sie zu hören? Uns Amerikanern stehen doch mächtige Mittel der gewaltlosen Überzeugung zu Gebote. Warum machen wir keinen Gebrauch davon? Im amerikanischen Bürgerkrieg ging es hauptsächlich um die Vereinigung – um eine Einheit angesichts erheblicher Unterschiede. Vor einer Million Jahren gab es auf diesem Planeten keine Völker. Es gab keine Stämme. Die Menschen verteilten sich auf kleine Familiengruppen mit ein paar Dutzend Mitgliedern. Sie waren beständig auf Wanderschaft. Das war ihr Identifikationshorizont: eine nomadisierende

Familiengruppe. Seither haben sich die Horizonte erweitert – von einer Handvoll Jägern und Sammlern zu einem Stamm, einer Horde, einem kleinen Stadtstaat, einer Nation und heute zu riesigen Nationalstaaten. Viele Menschen auf der Erde schulden ihre Treuepflicht einer Gruppe von etwa 100 Millionen Menschen. Es liegt eindeutig auf der Hand, daß die Identifikationseinheit der meisten Menschen über kurz oder lang der Planet Erde und die Spezies Mensch sein werden, wenn wir uns zuvor nicht selbst vernichten. Meiner Meinung nach stellt sich damit die entscheidende Frage, ob sich die grundlegende Identifikationseinheit erweitern wird, um den Planeten und die Spezies zu umfassen, oder ob wir uns vorher vernichten werden. Und ich fürchte, diese Frage stellt sich schon sehr bald.

Die Identifikationshorizonte wurden an diesem Ort vor 125 Jahren erweitert, und dabei brachten der Norden und der Süden, Schwarze und Weiße gleichermaßen Opfer. Aber wir erkennen heute, daß diese Erweiterung der Identifikationshorizonte gerecht war. In unserer Zeit besteht die dringende Notwendigkeit, weltweit bei Rüstungskontrolle, bei wirtschaftlichen Problemen und beim Schutz der globalen Umwelt zusammenzuarbeiten. Die Völker der Welt können sich heute nur zusammen erheben oder fallen. Es geht nicht darum, daß eine Nation auf Kosten einer anderen gewinnt. Wir alle müssen einander gegenseitig helfen oder zusammen umkommen.

Bei Anlässen wie diesem ist es üblich, aus Reden und Predigten zu zitieren – die Worte großer Männer und Frauen, die wir alle gehört haben. Wir hören sie,

richten uns aber im allgemeinen nicht danach. Lassen Sie mich einen solchen Satz zitieren, den Abraham Lincoln nicht weit von dieser Stelle gesagt hat: »Mit Bosheit gegenüber niemandem, mit Barmherzigkeit für alle...« Denken Sie einmal darüber nach, was das heute bedeutet. Dieses Verhalten wird von uns erwartet, nicht nur weil unsere Ethik es gebietet oder weil unsere Religionen es predigen, sondern weil es für das Überleben von uns Menschen unabdingbar ist. Ich habe auch noch ein Zitat aus der Bibel [Matthäus 12,25]: »Jedes Haus, das mit sich selbst uneins ist, kann nicht bestehen.« Ich möchte es ein wenig abwandeln: Eine Spezies, die mit sich selbst uneins ist, kann nicht bestehen. Ein Planet, der mit sich selbst uneins ist, kann nicht bestehen. Und auf diesem Eternal Light Peace Memorial, das gerade erneut enthüllt und eingeweiht wird, steht eine bewegende Formulierung: »Eine Welt geeint in der Suche nach Frieden.«

Der wahre Triumph von Gettysburg fand, meine ich, nicht im Jahre 1863, sondern 1913 statt, als die überlebenden Veteranen, die Überreste der gegnerischen Streitkräfte, die Blauen und die Grauen, in feierlichem Gedenken zusammenkamen. Es war der Krieg gewesen, in dem Bruder gegen Bruder gestanden hatte, und als die Zeit der Erinnerung kam, am 50. Jahrestag der Schlacht, fielen die Überlebenden einander schluchzend in die Arme. Sie konnten nicht anders.

Jetzt ist die Zeit gekommen, daß wir ihnen nacheifern – die NATO und der Warschauer Pakt, Tamilen und Singhalesen, Israelis und Palästinenser, Weiße und Schwarze, Tutsis und Hutus, Amerikaner

und Chinesen, Bosnier und Serben, Katholiken und Protestanten in Nordirland, die entwickelte und die unterentwickelte Welt.

Doch wir brauchen mehr als die rührselige Sentimentalität der Jahrestage, als Feiertagsfrömmigkeit und Patriotismus. Wo es notwendig ist, müssen wir den herkömmlichen Überzeugungen entgegentreten und sie in Frage stellen. Es wird Zeit, daß wir von denen lernen, die hier gefallen sind. Unsere Herausforderung ist die Versöhnung, aber nicht *nach* dem Gemetzel und *nach* dem Massenmord, sondern *statt* dem Gemetzel und *statt* dem Massenmord. Es wird Zeit, daß wir uns einander in die Arme werfen. Es wird Zeit zu handeln.

Aktueller Stand

Bis zu einem gewissen Grad haben wir gehandelt. Seitdem diese Rede gehalten wurde, haben wir Amerikaner, wir Russen, wir Menschen unsere Kernwaffenarsenale und Abschußvorrichtungen erheblich reduziert – aber immer noch nicht annähernd genug für unsere Sicherheit. Wir stehen offenbar am Rande eines umfassenden Abkommens zum Verbot von Kernwaffentests – aber die Mittel, atomare Sprengköpfe zusammenzubauen und zu befördern, haben sich in viele weitere Länder verbreitet. Dieser Umstand wird oft als Austausch einer potentiellen Katastrophe gegen eine andere bezeichnet, ohne daß sich insgesamt etwas entscheidend verbessern würde. Aber eine Handvoll Kernwaffen, so katastrophal sie auch sein können – so viele menschliche Tragik sie auch verursachen könnten –, sind nichts verglichen mit den 60.000 oder

70.000 Kernwaffen, die die USA und die Sowjetunion auf dem Höhepunkt des Kalten Kriegs gehortet hatten. 60.000 oder 70.000 Kernwaffen konnten die globale Zivilisation und möglicherweise sogar die Spezies Mensch vernichten. Die Arsenale, die Nordkorea, der Irak, Libyen, Indien oder Pakistan horten könnten, dürften in absehbarer Zukunft nichts dergleichen bewirken.

Wird die Gefahr der Kernwaffenverbreitung oft übertrieben, so verharmlost die Prahlerei amerikanischer Politiker, daß keine russische Kernwaffe auf ein amerikanisches Kind oder auf eine amerikanische Stadt gerichtet sei, die Gefahr, die von den Nuklearwaffen noch immer ausgeht. Die Aussage mag durchaus richtig sein, aber ein erneutes Ausrichten dauert höchstens 15 bis 20 Minuten. Und die USA wie Rußland haben Tausende von Kernwaffen und Abschußvorrichtungen behalten. Daher habe ich in diesem Buch immer wieder betont, daß Kernwaffen unsere größte Gefahr darstellen – auch wenn sich beträchtliche, ja erstaunliche Verbesserungen der Sicherheit für uns Menschen ergeben haben. Aber all das könnte sich über Nacht ändern. Im Januar 1993 haben 130 Länder in Paris die Konvention zum Verbot chemischer Waffen unterzeichnet. Nach mehr als zwanzigjährigen Verhandlungen erklärte sich die Welt bereit, diese Massenvernichtungswaffen zu ächten. Aber während ich diese Worte schreibe, haben die USA und Rußland die Konvention noch immer nicht ratifiziert. Worauf warten wir noch? Und Rußland hat auch das START-II-Abkommen noch immer nicht ratifiziert, das die amerikanischen und russischen strategischen

Kernwaffenarsenale um 50 Prozent auf jeweils 3500 gefechtsbereite Sprengköpfe reduzieren würde.

Seit dem Ende des Kalten Kriegs ist der amerikanische Verteidigungshaushalt zurückgegangen – aber nur um 10 oder 15 Prozent, und diese Einsparungen sind anscheinend so gut wie nicht der Wirtschaft zugeflossen. Die Sowjetunion ist zusammengebrochen – aber weitverbreitete Not und Instabilität in dieser Region sind Grund genug, sich um die Zukunft des Erdballs Sorgen zu machen. Bis zu einem gewissen Ausmaß hat sich die Demokratie in Osteuropa sowie in Mittel- und Südamerika wieder etabliert – aber sie hat sich in Ostasien nur wenig durchgesetzt, außer in Taiwan und Südkorea, und in Osteuropa wird sie durch die schlimmsten Exzesse des Kapitalismus entstellt. Die Identifikationshorizonte haben sich zwar in Westeuropa geweitet – doch in den USA und in der ehemaligen Sowjetunion eher verengt. Die Versöhnung in Nordirland und zwischen Israelis und Palästinensern hat gewisse Fortschritte gemacht – aber Terroristen sind noch immer in der Lage, den Friedensprozeß zu gefährden. Drakonische Kürzungen müssen im US-Bundshaushalt vorgenommen werden, erklärt man uns, und zwar wegen der dringenden Notwendigkeit, den Haushalt ausgeglichen zu gestalten. Aber eine Institution, deren Anteil am Bruttoinlandsprodukt extrem hoch ist, ist merkwürdigerweise praktisch tabu. Das ist das Militär mit seinen 264 Milliarden Dollar (im Vergleich dazu stehen allen zivilen wissenschaftlichen und Raumfahrtprogrammen nur 17 Milliarden zur Verfügung). Tatsächlich wäre der Anteil des Militärs sogar noch viel höher, wenn

versteckte militärische Kosten und der Etat der Nachrichtendienste mit einbezogen würden.

Wofür diese Unsumme Geld, nachdem die Sowjetunion verschwunden ist? Rußlands Verteidigungshaushalt beträgt pro Jahr etwa 30 Milliarden Dollar, ebenso der von China. Die Verteidigungshaushalte des Iran, des Irak, Nordkoreas, Syriens, Libyens und Kubas belaufen sich zusammengenommen auf etwa 27 Milliarden. Die Verteidigungsausgaben der USA sind dreimal so hoch wie die Verteidigungsetats all dieser Länder zusammengenommen. Sie machen etwa 40 Prozent aller Verteidigungsausgaben auf der Welt aus.

Der Verteidigungshaushalt der Clinton-Regierung für das Steuerjahr 1995 lag um rund 30 Milliarden Dollar höher als Richard Nixons Verteidigungshaushalt auf dem Höhepunkt des kalten Krieges, also zwanzig Jahre zuvor. Mit den von den Republikanern vorgeschlagenen Zuwachsraten wird der US-Verteidigungshaushalt im Jahr 2000 in realen Dollarbeträgen um 50 Prozent gestiegen sein. In keiner politischen Partei ist Protest gegen ein derartiges Wachstum zu hören – obwohl doch sogar qualvolle Einschnitte ins soziale Sicherheitsnetz geplant sind. Unser geiziger Kongreß erweist sich als schockierend verschwenderisch, wenn es ums Militär geht, und drängt Milliarden unaufgefordert einem Verteidigungsministerium auf, das ein gewisses Mindestmaß an Selbstkontrolle auszuüben versucht. Während Frachtschiffe in betriebsamen Häfen und von der Zolluntersuchung ausgenommenes Diplomatengepäck inzwischen noch am ehesten die Basis für eine nukleare Bedrohung für die USA

darstellen, macht sich der Kongreß für im Weltraum stationierte Abfangsysteme stark, die die USA vor den nichtexistierenden Interkontinentalraketen schurkischer Länder schützen sollen. Verrückte Rabatte, die sich auf 2,3 Milliarden Dollar summieren, werden vorgeschlagen, damit ausländische Staaten amerikanische Waffen kaufen können. Gleichzeitig werden amerikanischen Flugzeugfirmen Steuergelder gegeben, damit sie andere amerikanische Flugzeugfirmen kaufen können. Rund 100 Milliarden Dollar werden jedes Jahr ausgegeben, um Westeuropa, Japan, Südkorea und andere Länder zu verteidigen – die sich praktisch alle einer gesünderen Handelsbilanz erfreuen als die USA. Wir haben vor, fast 100.000 Mann weiterhin auf unbegrenzte Zeit in Westeuropa zu stationieren – um es gegen wen zu verteidigen? Inzwischen stellen die Hunderte von Dollarmilliarden, die es kosten wird, atomaren und chemischen Abfall sowie Schrott der militärischen Rüstung zu beseitigen, eine Last dar, die wir an unsere Kinder weitergeben – ohne daß wir damit große Probleme zu haben scheinen. Warum bereitet es uns so viel Mühe zu begreifen, daß die nationale Sicherheit eine viel tiefgründigere und sensiblere Angelegenheit ist als die Zahl Patronen in unseren Gewehren? Trotz allen Geredes, der Verteidigungshaushalt müßte »bis aufs Nötigste abspecken«, ist er in der Welt, in der wir leben, noch immer von einer dicken Fettschicht umgeben. Warum sollte der Verteidigungshaushalt sakrosankt sein, da doch so vieles andere, von dem unser nationales Wohlbefinden abhängt, auch Gefahr läuft, gedankenlos vernichtet zu werden? Es bleibt noch so

vieles zu tun. Es ist noch immer Zeit zu handeln.

Das 20. Jahrhundert

»Damit wir der universalen Schönheit und Vollkommenheit der Werke Gottes gewahr werden, müssen wir erkennen, daß das Universum sich in einem ewigen und ganz und gar freien Fortschreiten befindet... Immer werden im Abgrund der Dinge Teile schlummern, die erst noch zu erwecken sind...«

Gottfried Wilhelm Leibniz,
Über den letztendlichen Ursprung der Dinge (1697)

»Die Gesellschaft schreitet niemals fort. Sie geht so schnell auf der einen Seite zurück, wie sie auf der anderen Seite gewinnt. Sie erlebt einen ständigen Wandel; sie ist barbarisch, sie ist zivilisiert, sie ist christianisiert, sie ist reich, sie ist wissenschaftlich; aber... für alles, was gegeben wird, wird etwas genommen.«

Ralph Waldo Emerson,
»Self-Reliance«, in: *Essays: First Series* (1841)

An das 20. Jahrhundert wird man sich wegen dreier umfassender Neuerungen erinnern: der beispiellosen Möglichkeit, das Leben zu erhalten, zu verlängern und zu verbessern, ferner wegen der beispiellosen Möglichkeit, das Leben zu vernichten, wobei auch

zum ersten Mal unsere globale Zivilisation aufs Spiel gesetzt wird, und schließlich wegen der beispiellosen Erkenntnisse über unser Wesen und die Beschaffenheit des Universums. Alle drei Entwicklungen verdanken wir der Wissenschaft und der Technik, einem rasiermesserscharfen, aber auch zweischneidigen Schwert. Alle drei haben ihre Wurzeln weit zurück in der Vergangenheit.

Die Erhaltung, Verlängerung und Verbesserung menschlichen Lebens

Bis vor etwa 10.000 Jahren, als der Ackerbau aufkam und erstmals Tiere gezähmt wurden, beschränkte sich die Nahrungsversorgung des Menschen auf Früchte und Gemüse in der natürlichen Umwelt sowie auf Wildtiere. Aber die natürlich vorhandenen Nahrungsmittel waren so knapp, daß die Erde nicht mehr als etwa zehn Millionen Menschen am Leben erhalten konnte. Im Gegensatz dazu sind es am Ende des 20. Jahrhunderts sechs Milliarden Menschen. Das heißt, 99,9 Prozent von uns verdanken ihr Leben der landwirtschaftlichen Technik und ihrer wissenschaftlichen Basis – der Genetik und der Verhaltensforschung an Pflanzen und Tieren, chemischen Düngemitteln, Pestiziden, Konservierungsmitteln, Pflügen, Mähdreschern und anderen landwirtschaftlichen Geräten und Vorrichtungen, wie etwa der Bewässerung sowie der Kühlung in Lastwagen, Eisenbahnwaggons, Lagerhallen und Privathaushalten. Viele der erstaunlichsten Fortschritte in der landwirtschaftlichen

Technik – auch die »grüne Revolution« genannt – wurden erst im 20. Jahrhundert gemacht.

Dank der sanitären Anlagen in den Städten und auf dem Land, sauberem Wasser, anderer öffentlicher Gesundheitsmaßnahmen, der Entdeckung der bakteriologischen Verursachung von Krankheiten, der Antibiotika und anderer Arzneimittel sowie dank Genetik und Molekularbiologie hat die Wissenschaft der Medizin das Wohlergehen von Menschen auf der ganzen Welt ungeheuer verbessert – aber besonders in den entwickelten Ländern. Die Pocken sind weltweit ausgerottet, die Regionen der Erde, in denen die Malaria grassiert, schrumpfen von Jahr zu Jahr, und Krankheiten, die noch in meiner Kindheit vorkamen, wie Keuchhusten, Scharlach und Kinderlähmung, sind heutzutage fast verschwunden. Zu den wichtigsten Erfindungen des 20. Jahrhunderts zählen vergleichsweise preiswerte Methoden zur Geburtenkontrolle – die zum ersten Mal den Frauen gestatten, ihr Schicksal zumindest in bezug auf den Nachwuchs selbst und sicher in die Hand zu nehmen, und die damit die Emanzipation der Hälfte der Spezies Mensch herbeiführen. Sie erlauben einen entscheidenden Rückgang des gefährlichen Bevölkerungswachstums in vielen Ländern, ohne daß es repressiver Beschränkungen der sexuellen Aktivität bedarf. Wahr ist auch, daß die von unserer Technik erzeugten Chemikalien und Strahlen zu neuen Krankheiten geführt haben und an der Entstehung von Krebs beteiligt sind. Die globale Verbreitung von Zigaretten führt zu schätzungsweise drei Millionen Todesfällen pro Jahr (die alle natürlich zu vermeiden wären). Die WHO schätzt, daß diese Zahl bis zum

Jahr 2020 bei zehn Millionen liegen wird. Dennoch hat uns die Technik viel mehr gegeben als genommen. Das deutlichste Anzeichen dafür ist die Tatsache, daß die Lebenserwartung in den USA und in Westeuropa im Jahre 1901 etwa 45 Jahre betrug, während sie sich heute 80 Jahren nähert, wobei sie bei Frauen ein bißchen höher, bei Männern ein bißchen geringer ist. Die Lebenserwartung ist wahrscheinlich der wirkungsvollste Index der Lebensqualität. Denn noch immer gibt es eine Milliarde Menschen, die nicht genug zu essen haben, und jeden Tag sterben auf unserem Planeten unnötigerweise 40.000 Kinder. Dank Radio, Fernsehen, Plattenspieler, Kassettendecks, CDs, Telefonen, Faxgeräten und Computernetzwerken verändert die Technik tiefgreifend das Erscheinungsbild der Alltagskultur. Sie ermöglicht die Vor- und Nachteile der globalen Unterhaltung, der multinationalen Konzerne, die nicht mehr einem einzelnen Land gegenüber loyal sind, transnationale Zielgruppen und den direkten Zugang zu den politischen und religiösen Anschauungen anderer Kulturen. Wie wir bei dem Aufstand auf dem Platz des Himmlischen Friedens in Peking und bei dem vor dem Weißen Haus in Moskau erlebt haben, können Faxgeräte, Telefone und Computernetzwerke mächtige Instrumente des politischen Aufruhrs sein.

Die massenhafte Verbreitung von Taschenbüchern seit den vierziger Jahren hat die Weltliteratur und die Erkenntnisse der größten Denker aus Gegenwart und Vergangenheit ins Leben auch weniger begüterter Menschen gebracht. Zusammen mit dem Fortschritt bei der Bekämpfung des Analphabetismus sind solche Trends die Verbündeten der Demokratie, wie

Jefferson sie verstanden hat. Andererseits besteht die Fähigkeit, zu lesen und zu schreiben, im Amerika des ausgehenden 20. Jahrhunderts nur in einer sehr rudimentären Kenntnis der englischen Sprache, und besonders das Fernsehen neigt dazu, die breite Masse dem Lesen zu entfremden. Aus schierem Profitdenken beschränkt es sich auf Programme, die möglichst viele Zuschauer sehen wollen – statt sich zur Belehrung und Inspiration zu erheben. Mit Hilfe von Büroklammern, Gummiringen, Haartrocknern, Kugelschreibern, Computern, Diktier- und Kopiergeräten, elektrischen Mixern, Mikrowellenherden, Staubsaugern, Geschirrspülern, Waschmaschinen und Trocknern, der weiten Verbreitung von Innenbeleuchtung und Straßenlaternen bis zu Autos, Flugzeugen, Maschinen, Wasserkraftwerken, Fließbändern und gewaltigen Baumaschinen hat uns die Technik unseres Jahrhunderts von allerlei Plackerei befreit, für mehr Freizeit gesorgt und das Leben vieler Menschen verbessert. Sie hat auch viele Gewohnheiten und Konventionen, die im Jahre 1901 vorherrschten, auf den Kopf gestellt.

Doch die Anwendung solcher Techniken, auch der, die lebenserhaltend sein können, ist von Land zu Land unterschiedlich. Die USA beispielsweise haben die höchste Säuglingssterblichkeitsrate von allen Industriestaaten. Hier sind mehr junge Schwarze im Gefängnis als auf dem College, und ein größerer Prozentsatz von Bürgern als in irgendeinem anderen Industriestaat sitzt hier eine Gefängnisstrafe ab. Amerikanische Schüler schneiden bei standardisierten naturwissenschaftlichen und mathematischen Tests

regelmäßig schlechter ab als Schüler gleichen Alters in anderen Ländern. Die Kluft zwischen arm und reich und der Niedergang der Mittelschicht haben sich in den letzten eineinhalb Jahrzehnten rasch verstärkt. Was den Anteil der Entwicklungshilfe am Bruttosozialprodukt betrifft, stehen die USA unter allen Industriestaaten an letzter Stelle. Die High-Tech-Industrie hat Amerika den Rücken gekehrt. Nachdem die USA um die Jahrhundertmitte in fast allen Bereichen weltweit führend gewesen waren, gibt es am Ende dieses Jahrhunderts einige Anzeichen des Niedergangs. Das läßt sich auf die mangelnde Qualität ihrer Führung, aber auch auf die schwindende Neigung ihrer Bürger zu kritischem Denken und politischem Handeln zurückführen.

Totalitäre und militärische Technik

Die Möglichkeit von Kriegen, Massentötungen oder der Vernichtung ganzer Völker hat im 20. Jahrhundert ein beispielloses Niveau erreicht. 1901 gab es keine militärischen Flugzeuge oder Raketen, und die stärkste Artillerie konnte eine Granate ein paar Meilen weit feuern und eine Handvoll Menschen töten. Bis zum zweiten Drittel des 20. Jahrhunderts waren rund 70.000 Kernwaffen gehortet worden. Viele waren für strategische Raketen geeignet, die aus Silos oder U-Booten abgefeuert werden und praktisch jeden Teil der Welt erreichen konnten, und jeder Sprengkopf besaß genügend Sprengkraft, um eine Großstadt zu vernichten. Heute sind wir mitten in einem größeren Rüstungsabbau begriffen, gleichermaßen bei

Sprengköpfen und Abschußvorrichtungen der USA und der ehemaligen Sowjetunion, aber in absehbarer Zukunft werden wir gleichwohl in der Lage sein, die globale Zivilisation zu vernichten. Zudem befinden sich furchtbare chemische und biologische Waffen weltweit in vielen Händen. Nach einem Jahrhundert des überschäumenden Fanatismus, der ideologischen Fixiertheit und der wahnsinnigen Führer läßt diese Anhäufung beispiellos tödlicher Waffen nichts Gutes für die Zukunft der Menschheit ahnen. Über 150 Millionen Menschen sind im 20. Jahrhundert in Kriegen oder aufgrund direkter Befehle nationaler Führer umgekommen. Unsere Technik ist so stark geworden, daß wir nicht nur mutwillig in der Lage sind, die Umwelt in großem Maßstab zu verändern und viele Arten auf der Erde, einschließlich unserer eigenen Spezies, zu gefährden, sondern, daß dies oft unvermeidlich erscheint. Es ist schlicht eine Tatsache, daß wir noch nie dagewesene Experimente mit der globalen Umwelt durchführen und uns im allgemeinen an die letzte Hoffnung klammern, die Probleme würden sich von selber lösen und verschwinden. Der einzige Lichtblick sind das Protokoll von Montreal und die anschließenden internationalen Abkommen, durch die sich die Industriestaaten der Welt darauf geeinigt haben, die Produktion von CFKs und anderer Chemikalien einzustellen, die die Ozonschicht angreifen. Aber bei der Reduzierung der Kohlendioxidemissionen in die Atmosphäre, bei der Lösung des Problems der Entsorgung von chemischen und radioaktiven Abfällen sowie auf anderen Gebieten sind nur klägliche Fortschritte zu verzeichnen. Ethnozentrische

und fremdenfeindliche Ausschreitungen grassieren auf jedem Kontinent. Systematisch hat man versucht, ganze ethnische Gruppen zu vernichten – vor allem im Deutschland der Nazis, aber auch in Ruanda, im ehemaligen Jugoslawien und anderswo. Ähnliche Tendenzen hat es zwar schon immer in der Geschichte der Menschheit gegeben, aber erst im 20. Jahrhundert sind Tötungen in einem derartigen Maßstab technisch praktikierbar geworden. Strategische Bombardements, Raketen und weitreichende Artillerie haben den »Vorteil«, daß die Verantwortlichen das Leid, das sie bewirkt haben, nicht mit eigenen Augen ansehen müssen. Sie brauchen keine Gewissensbisse zu haben. Der globale Militäretat liegt am Ende des 20. Jahrhunderts bei einer Billion Dollar pro Jahr. Wieviel Gutes für die Menschen könnte auch nur für einen Bruchteil dieser Summe bewirkt werden.

Das 20. Jahrhundert zeichnet sich durch den Zusammenbruch von Monarchien und Weltreichen und das Aufkommen von zumindest nominellen Demokratien aus. Auch viele ideologisch motivierte Regime und Militärdiktaturen hat das Säkulum gesehen. Die Nazis hatten eine ganze Liste von verunglimpften Gruppen, die sie systematisch ausrotten wollten: Juden, Schwule und Lesben, Sozialisten und Kommunisten, die Behinderten und Menschen afrikanischer Herkunft (von denen es in Deutschland fast keine gab). Das militant auf die Erhaltung »arischen« Lebens setzende Regime reduzierte die Frauen auf die Bereiche Kinder, Küche, Kirche.* Was für ein Affront wäre für einen Nazi eine

* Nachdem er die traditionellen christlichen Ansichten über Frauen von der Zeit der Kirchenväter bis zur Reformation dargestellt hat, gelangt der australische

amerikanische Gesellschaft, die mehr als jede andere den Planeten dominiert und in der Juden, Homosexuelle, die Behinderten und Menschen afrikanischer Herkunft volle gesetzliche Rechte genießen, in der Sozialisten zumindest im Prinzip toleriert werden und Frauen in Rekordzahlen am Arbeitsleben teilnehmen. Aber nur elf Prozent der Mitglieder des amerikanischen Repräsentantenhauses sind Frauen, doch es könnten gut 50 Prozent sein, wenn eine proportionale Repräsentation praktiziert würde. (Die entsprechende Zahl für Japan beträgt zwei Prozent.) Thomas Jefferson hat gelehrt, eine Demokratie sei unbrauchbar, wenn die Menschen keine Schulbildung genossen haben. Ganz gleich, wie strikt die Schutzmaßnahmen für die Menschen in Verfassungen oder Gesetzen sein mögen – immer seien, glaubte Jefferson, die Mächtigen, die Reichen und die Skrupellosen versucht, das Ideal eines Staates auszuhöhlen, der von den und für die gewöhnlichen Bürger geführt würde. Das Gegenmittel ist der entschiedene Einsatz für die Artikulierung unpopulärer Ansichten, die Bekämpfung des Analphabetismus, eine niveauvolle öffentliche Debatte, das Vertrauen auf kritisches Denken und Skepsis gegenüber Erklärungen derer, die Autorität haben – für Kriterien also, die auch für die wissenschaftliche Methode von zentraler Bedeutung sind.

Philosoph John Passmore zu der Schlußfolgerung, die Formel *Kinder, Küche, Kirche* »als Umschreibung der Rolle der Frauen ist keine Erfindung Hitlers, sondern eine typisch christliche Betrachtungsweise«.

Die Offenbarungen der Wissenschaft

Auf allen Wissenschaftsgebieten wurden im 20. Jahrhundert erstaunliche Fortschritte erzielt. Die Grundlagen der Physik sind durch die Spezielle und die Allgemeine Relativitätstheorie sowie durch die Quantenmechanik revolutioniert worden. In diesem Jahrhundert wurde die Struktur von Atomen – Protonen und Neutronen in einem zentralen Kern, der von einer Elektronenwolke umgeben ist – zum ersten Mal verstanden, als die Bestandteile von Protonen und Neutronen, die Quarks, entdeckt wurden und als eine ganze Schar exotischer, kurzlebiger Elementarteilchen unter der Einwirkung von Hochenergiebeschleunigern und kosmischen Strahlen auftauchte. Kernspaltung und -fusion haben die entsprechenden Kernwaffen, auf der Kernspaltung basierende Kraftwerke (kein reiner Segen) und die Aussicht auf Fusionskraftwerke ermöglicht. Seit wir den radioaktiven Zerfall kennen, wissen wir über das Alter der Erde (etwa 4,6 Milliarden Jahre) sowie über den Ursprung des Lebens auf unserem Planeten (vor ungefähr vier Milliarden Jahren) definitiv Bescheid. In der Geophysik wurde die Plattentektonik entdeckt – eine Reihe von Fließbändern unter der Erdoberfläche, die die Kontinente von der Geburt bis zum Tod befördern und sich jährlich mit einer Geschwindigkeit von etwa 2,5 Zentimetern bewegen. Die Plattentektonik ist von entscheidender Bedeutung, um Beschaffenheit und Geschichte von Landmassen und die Topographie der

Meeresböden zu verstehen. Ein neues Gebiet ist entstanden: die Planetengeologie – sie vergleicht die Landformen und das Innere unserer Erde mit der Geologie anderer Planeten und ihrer Monde und untersucht ferner die chemische Zusammensetzung von Gesteinen auf anderen Welten im Vergleich zu den Gesteinen auf der Erde. Dies erfolgt entweder aus der Ferne mit Hilfe astronomischer Geräte oder anhand von Proben, die durch Raumschiffe zurückgebracht werden, oder indem Meteorite untersucht werden, deren Herkunft aus anderen Welten inzwischen anerkannt ist. Die Seismologie hat die Struktur tief im Innern der Erde ergründet und unter der Erdkruste einen halbflüssigen Mantel, einen flüssigen Eisenkern und einen festen inneren Kern entdeckt. Alle drei Phänomene müssen erst erklärt werden, wenn wir die Prozesse kennenlernen wollen, durch die unser Planet entstand. Das Aussterben vieler Arten in der Vergangenheit wird inzwischen auf ungeheure Lavaausbrüche zurückgeführt, die nach oben an die Oberfläche quollen und Lavaseen erzeugten, wo sich einst festes Land befand. Andere Lebensformen wurden durch den Aufprall großer Kometen oder erdnaher Asteroiden ausgelöscht, die gigantische Explosionen auslösten und soviel Staub und Ruß freisetzten, daß sich die Sonne verfinsterte und das Klima veränderte. Im nächsten Jahrhundert sollten wir zumindest eine Bestandsaufnahme der Kometen und Asteroiden vornehmen, um zu sehen, ob einer von ihnen Spuren unserer Erde trägt.

Ein Grund zum Feiern für die Wissenschaft im 20. Jahrhundert ist die Entdeckung von Beschaffenheit und Funktion der DNA, der Desoxyribonukleinsäure

– des entscheidenden Moleküls, das für die Vererbung des Menschen und bei den meisten Pflanzen und Tieren verantwortlich ist. Wir haben gelernt, den genetischen Code zu lesen, in immer mehr Organismen haben wir alle Gene kartiert, und wir wissen, für welche Funktionen dieser Organismen die meisten Gene zuständig sind. Genetiker sind dabei, das menschliche Genom zu kartieren – ein Unterfangen mit einem enormen Potential im Guten wie im Bösen. Der bedeutendste Aspekt der DNA-Story besteht wohl darin, daß wir heute die grundlegenden Lebensprozesse anscheinend voll und ganz als physikalische und chemische Vorgänge verstehen können. Offenbar haben sie nichts mit einer geheimnisvollen Lebenskraft, einem Geist oder einer Seele zu tun. Das gleiche gilt für die Neurophysiologie: Vorsichtig ausgedrückt, scheint die Seele nichts weiter zu sein als der Ausdruck von 100 Billionen Nervenverbindungen im Gehirn plus ein paar simplen Chemikalien. Die Molekularbiologie erlaubt uns heute, zwei beliebige Arten miteinander zu vergleichen, um den Grad der Verwandtschaft herauszufinden – Gen um Gen in sämtlichen molekularen Bausteinen. Diese Experimente haben schlüssig die tiefreichende Ähnlichkeit aller Lebewesen auf der Erde aufgezeigt und die allgemeinen Verwandtschaftsbeziehungen bestätigt, die früher schon von der Evolutionsbiologie entdeckt worden waren. So haben beispielsweise Menschen und Schimpansen 99,6 Prozent ihrer aktiven Gene gemeinsam, und damit ist erwiesen, daß Schimpansen unsere nächsten Verwandten sind und daß wir einen gemeinsamen Vorfahren haben.

Im 20. Jahrhundert haben Verhaltensforscher zum ersten Mal mit anderen Primaten zusammengelebt, sorgfältig ihr Verhalten in ihrer natürlichen Lebenswelt beobachtet und dabei Mitgefühl, Weitblick, Ethik, Jagdverhalten, Guerillakriegsführung, Politik, den Gebrauch und die Herstellung von Werkzeugen, Musik, einen rudimentären Nationalismus und eine ganze Reihe anderer Merkmale entdeckt, die zuvor nur dem Menschen zugewiesen worden waren. Die Diskussion über Sprachfähigkeiten von Schimpansen ist noch nicht abgeschlossen. Aber in Atlanta gibt es einen Bonobo (einen »Pygmäenschimpansen«) namens Kanzi, der sich mühelos einer Symbolsprache von mehreren 100 Zeichen bedient und der sich auch die Herstellung von Steinwerkzeugen beigebracht hat.

Viele der erstaunlichsten Fortschritte in der Chemie hängen gegenwärtig mit der Biologie zusammen, aber ich möchte hier einen erwähnen, der von viel umfassenderer Bedeutung ist: Das Wesen der chemischen Bindung ist verstanden worden – es sind die Kräfte der Quantenphysik, die darüber entscheiden, welche Atome sich mit welchen anderen Atomen verbinden möchten, wie stark und in welcher Konfiguration. Man hat auch herausgefunden, daß in komplexen Atmosphärenformen, wie sie auf der Erde und anderen Planeten herrschen, unter dem Einfluß von Strahlung Aminosäuren und andere Schlüsselbausteine des Lebens erzeugt werden. Man hat ferner festgestellt, daß Nukleinsäuren und andere Moleküle sich im Reagenzglas fortpflanzen und ihre Mutationen reproduzieren. Das Wissen um den Ursprung des Lebens und die Erzeugung von Leben hat

damit im 20. Jahrhundert erhebliche Fortschritte gemacht. Die Biologie läßt sich größtenteils auf die Chemie und die Chemie größtenteils auf die Physik zurückführen. Das ist zwar noch nicht vollständig erwiesen, aber die Tatsache, daß es auch nur ein kleines bißchen erwiesen ist, verschafft uns bereits einen überaus bedeutsamen Einblick in die Beschaffenheit des Universums. Physik und Chemie, verbunden mit den stärksten Computern auf der Erde, haben gemeinsam versucht, das Klima und die allgemeine Zirkulation der Erdatmosphäre zu verstehen. Mit diesem mächtigen Instrument können wir künftig besser abschätzen, welche Folgen die fortgesetzte Emission von CO₂ und anderen Treibhausgasen in die Erdatmosphäre haben werden. Mit Hilfe von meteorologischen Satelliten lassen sich Wettervorhersagen zumindest einige Tage im voraus erstellen und damit alljährlich Ernteausfälle im Wert von Milliarden Dollars vermeiden. Noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts saßen die Astronomen am Boden eines Ozeans aus turbulenter Luft fest und mußten von dort aus nach fernen Welten linsen. Nun, am Ende des Jahrhunderts, befinden sich große Teleskope auf Erdumlaufbahnen und betrachten den Himmel durch Gammastrahlen, Röntgenstrahlen, im ultravioletten Licht, im sichtbaren Licht, im infraroten Licht und durch Radiowellen.

Marconis erste Funkübertragung über den Atlantischen Ozean fand im Jahre 1901 statt. Inzwischen haben wir per Funk mit vier Raumsonden jenseits des äußersten bekannten Planeten unseres Sonnensystems kommuniziert und die natürliche Radiostrahlung von acht oder zehn Milliarden

Lichtjahren entfernten Quasaren aufgefangen – ebenso die sogenannte kosmische Hintergrundstrahlung, strahlende Überreste des Urknalls, mit dem die gegenwärtige Inkarnation des Universums begann. Es sind Forschungssonden gestartet worden, die 70 Welten untersuchen und auf dreien landen sollten. Das Jahrhundert hat ferner das beinahe mythische Unternehmen erlebt, daß zwölf Menschen auf den Mond geschickt und – zusammen mit über 100 Kilogramm Mondgestein – sicher wieder zurückgebracht wurden. Unbemannte Forschungssonden haben bestätigt, daß die Venus einen gewaltigen Treibhauseffekt und eine Oberflächentemperatur von fast 500 Grad aufweist und daß der Mars vor vier Milliarden Jahren ein erdähnliches Klima hatte. Sie fanden heraus, daß organische Moleküle wie Manna vom Himmel des Saturnmonds Titan herunterfallen; daß Kometen vielleicht zu einem Viertel aus organischer Materie bestehen.

Vier unserer Raumsonden sind auf dem Weg zu den Sternen. Vor kurzem hat man Planeten in der Nähe anderer Sterne entdeckt. Die Wissenschaft ist dahintergekommen, daß sich unsere Sonne in den Randbezirken einer riesigen, linsenförmigen Galaxis befindet, die rund 400 Milliarden anderer Sonnen enthält. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts glaubte man noch, die Milchstraße sei die einzige Galaxie. Inzwischen erkennen wir, daß es 100 Milliarden weitere Galaxien gibt, die alle voneinander wegstreben, als seien sie die Überreste einer gewaltigen Explosion, des Urknalls. Man hat exotische Bewohner des kosmischen Zoos entdeckt, von denen man hundert Jahre zuvor nicht einmal

geträumt hat: Pulsare, Quasare, Schwarze Löcher. Möglicherweise liegen die Antworten auf einige der tiefgründigsten Fragen, die wir Menschen jemals gestellt haben, schon bald in Reichweite unserer Beobachtungsmöglichkeiten – Fragen nach dem Ursprung, der Beschaffenheit und dem Schicksal des gesamten Universums. Das vielleicht schmerzlichste Nebenprodukt dieser wissenschaftlichen Revolution ist die Tatsache, daß sich unsere liebsten und angenehmsten Glaubensvorstellungen als unhaltbar erwiesen haben. Die schmucke Szenerie unserer Ahnen, in deren Mittelpunkt stets der Mensch stand, ist von einem kalten, ungeheuer großen, gleichgültigen Universum abgelöst worden, in dem wir Menschen zu einem Nichts degradiert worden sind. Doch ich sehe in unseren Köpfen langsam ein Universum erstehen, das von einer Großartigkeit und einer komplexen, eleganten Ordnung ist, die weit über alles hinausreicht, was sich unsere Vorfahren je vorgestellt haben. Und wenn sich dieses Universum größtenteils auf der Basis von ein paar einfachen Naturgesetzen verstehen ließe, dann könnten jene, die an einen Gott glauben möchten, diese wunderschönen Gesetze einer höheren Vernunft zuschreiben, die in der gesamten Natur zugegen ist. Meiner Ansicht nach ist es freilich weitaus besser, das Universum so zu verstehen, wie es wirklich ist, statt sich ein Universum vorzugaukeln, wie wir es gern haben möchten.

Ob wir uns das erforderliche Wissen und die Weisheit aneignen können, die zum Begreifen der wissenschaftlichen Offenbarungen des 20. Jahrhunderts notwendig sind, wird die wichtigste Frage an die Wissenschaft des 21. Jahrhunderts sein.

Im Tal der Schatten

»Doch – ist es richtig, oder nur ein leer Gerücht...«

Euripides,
Ion (um 410 v. Chr.)

Sechsmal habe ich inzwischen dem Tod ins Angesicht gesehen. Und sechsmal hat der Tod den Blick abgewandt und mich ziehen lassen. Am Ende wird mich der Tod natürlich doch holen – wie jeden von uns. Die Frage ist nur, wann. Und wie.

Ich habe viel aus unseren Begegnungen gelernt – besonders über die Schönheit und die süße Wehmut des Lebens, über die Kostbarkeit von Freunden und Familie und über die alles verwandelnde Kraft der Liebe. Ja, beinahe zu sterben ist eine so positive, charakterbildende Erfahrung, daß ich sie jedem empfehlen würde – wenn da natürlich nicht das Element des Risikos wäre.

Ich würde gern glauben, daß ich wieder leben werde, wenn ich sterbe, daß irgendein denkender, fühlender, erinnernder Teil von mir weiterexistieren wird. Aber so sehr ich dies glauben möchte und trotz der uralten und weltweit überlieferten Traditionen, die behaupten, es gebe ein Leben nach dem Tod, weiß ich doch, daß dies nichts weiter als Wunschdenken ist.

Ich möchte wirklich alt werden mit meiner Frau Annie, die ich so sehr liebe. Ich möchte erleben, wie

meine kleineren Kinder groß werden, und ich möchte eine Rolle bei ihrer charakterlichen und intellektuellen Entwicklung spielen. Ich möchte meine noch nicht geborenen Enkelkinder kennenlernen. Es gibt wissenschaftliche Probleme, deren Lösung ich unbedingt erleben möchte – etwa die Erforschung vieler neuer Welten in unserem Sonnensystem und die Suche nach Leben anderswo. Ich möchte erfahren, ob und wie wichtige, hoffnungsvolle, aber auch beunruhigende Trends in der Menschheitsgeschichte Realität werden: etwa die Gefahren und Verheißungen unserer Technik, die Emanzipation der Frauen, die wachsende politische, wirtschaftliche und technologische Macht Chinas oder interstellare Flüge.

Wenn es ein Leben nach dem Tod gäbe, könnte ich, ganz gleich, wann ich stirbe, diese tiefe Neugier und Sehnsucht stillen. Aber wenn der Tod nichts weiter als ein endloser, traumloser Schlaf ist, dann ist dies eine vergebliche Hoffnung. Vielleicht hat diese Perspektive mich ein wenig mehr motiviert, am Leben zu bleiben.

Die Welt ist so herrlich, voller Liebe und moralischer Kraft, daß es keinen Grund gibt, uns selbst mit netten Geschichten zu betrügen, die sich kaum richtig beweisen lassen. Mir scheint, angesichts unserer Verwundbarkeit ist es weitaus besser, dem Tod ins Auge zu schauen und jeden Tag für die kurze, aber großartige Chance dankbar zu sein, die uns das Leben bietet. Seit Jahren befindet sich neben meinem Rasierspiegel – so daß ich sie jeden Morgen sehe – eine gerahmte Postkarte. Auf der Rückseite steht eine mit Bleistift geschriebene Mitteilung an einen gewissen Mr. James Day in Swansea Valley, Wales.

Sie lautet:

Lieber Freund,

*nur ein paar Zeilen, um Dir kundzutun,
daß ich lebe, putzmunter bin und mich
großartig fühle.
Es ist herrlich!*

Dein WJR

Die Karte ist unterzeichnet mit den fast nicht zu entziffernden Initialen eines gewissen William John Rogers. Die Vorderseite ziert die Farbfotografie eines eleganten Dampfschiffs mit vier Schornsteinen und die Bildunterschrift »White Star Liner *Titanic*«. Die Briefmarke war abgestempelt an dem Tag, bevor das großartige Schiff unterging und über 1500 Menschen umkamen, unter ihnen auch Mr. Roger. Annie und ich haben die Postkarte aus einem bestimmten Grund aufgestellt. Wir wissen nämlich, daß es der flüchtigste und illusorischste Zustand sein kann, »sich großartig zu fühlen«. So war es auch bei uns. Gesundheitlich ging es uns anscheinend gut, unsere Kinder gediehen prächtig. Wir schrieben Bücher, stürzten uns auf anspruchsvolle neue Fernseh- und Filmprojekte, hielten Vorträge, und ich widmete mich weiterhin den aufregendsten wissenschaftlichen Forschungsvorhaben. Als wir eines Morgens Ende 1994 neben der gerahmten Postkarte standen, bemerkte Annie einen häßlichen schwarzblauen Fleck, der sich seit vielen Wochen auf meinem Arm befand. »Warum ist er nicht weggegangen?« fragte

sie. Also begab ich mich auf ihr Drängen hin ein wenig widerstrebend (schwarzblaue Flecken können doch nichts Ernstes sein, oder?) zum Arzt, um ein paar Routinebluttests über mich ergehen zu lassen. Er meldete sich ein paar Tage später, als wir gerade in Austin, Texas, waren. Er war beunruhigt. Sicher habe das Labor da etwas verwechselt. Nach der Analyse müsse es sich um das Blut eines sehr kranken Menschen handeln. »Bitte lassen Sie sich gleich noch mal untersuchen«, bat er eindringlich. Das tat ich. Es war keine Verwechslung gewesen.

Die Anzahl meiner roten Blutkörperchen, die Sauerstoff im ganzen Körper verbreiten, und meiner weißen Blutkörperchen, die Krankheiten bekämpfen, war erheblich dezimiert. Die wahrscheinlichste Erklärung: Es muß ein Problem mit den Blutstammzellen geben, den gemeinsamen Vorfahren der weißen und der roten Blutkörperchen, die im Knochenmark erzeugt werden. Die Diagnose wurde von Fachärzten bestätigt. Ich hatte eine Krankheit, von der ich noch nie gehört hatte: Myelodysplasie. Ihr Ursprung ist so gut wie unbekannt. Wenn ich nichts dagegen unternähme, erfuhr ich zu meinem Erstaunen, wären meine Chancen gleich Null. Ich wäre in einem halben Jahr tot. Es ging mir noch immer gut – vielleicht fühlte ich mich von Zeit zu Zeit ein bißchen benommen. Ich war aktiv und produktiv. Der Gedanke, daß ich drauf und dran war zu sterben, kam mir wie ein grotesker Witz vor.

Es gab nur eine bekannte Behandlungsmethode, die zur Heilung führen könnte: eine Knochenmarktransplantation. Aber die würde nur funktionieren, wenn ich einen passenden Spender fin-

den konnte. Und selbst dann würde mein Immunsystem völlig unterdrückt werden müssen, damit das Knochenmark des Spenders nicht von meinem Körper abgestoßen würde. Doch ein extrem unterdrücktes Immunsystem könnte mich auf mehrere andere Arten umbringen – zum Beispiel indem es meine Widerstandsfähigkeit gegenüber Krankheiten so einschränkte, daß ich jeder vorbeifliegenden Mikrobe zum Opfer fallen könnte. Kurzfristig dachte ich daran, nichts zu tun und so lange abzuwarten, bis die medizinische Forschung eine neue Heilmethode entdeckt hätte. Aber diese Aussicht war doch zu vage. All unsere Recherchen auf der Suche nach der bestmöglichen Behandlung führten uns zum Fred Hutchinson Cancer Research Center in Seattle, einem der führenden Institute für Knochenmarktransplantationen auf der Welt. Dort haben sich viele Fachleute auf diesem Gebiet niedergelassen – unter anderem E. Donnall Thomas, der 1990 den Nobelpreis für Medizin erhalten hatte, weil er die Techniken der Knochenmarktransplantation vervollkommnet hatte. Die hohe Kompetenz der Ärzte und Krankenschwestern und die ausgezeichnete Versorgung rechtfertigten völlig die Empfehlung, mich am »Hutch« behandeln zu lassen. Der erste Schritt bestand darin, uns nach einem passenden Spender umzusehen. Manche Menschen finden nie einen. Annie und ich riefen meine jüngere Schwester Cari an – andere Geschwister habe ich nicht. Ich erging mich in indirekten Anspielungen. Cari hatte nicht einmal gewußt, daß ich krank war. Bevor ich mit meinem Anliegen herausrücken konnte, sagte sie: »Du kriegst es. Was immer es ist... Leber... Lunge...

Es gehört dir.« Ich habe noch immer einen Kloß im Hals, wenn ich an Caris Großzügigkeit denke. Aber es gab natürlich keine Garantie, daß ihr Knochenmark mit meinem verträglich war. Sie unterzog sich einer Reihe von Tests, und dabei stellte sich heraus, daß alle sechs Kompatibilitätsfaktoren mit meinen übereinstimmten. Sie war die ideale Spenderin. Ich hatte unglaubliches Glück. »Glück« ist allerdings ein relativer Begriff. Denn selbst bei einer vollkommenen Kompatibilität lagen meine Heilungschancen bei etwa 30 Prozent. Das ist so, als würde man russisches Roulette mit vier Patronen statt einer in der Trommel spielen. Aber es war mit Abstand die beste Chance, die ich hatte. Die ganze Familie übersiedelte nach Seattle, auch Annies Eltern. Der Besucherstrom – erwachsene Kinder, mein Enkel, andere Verwandte und Freunde – riß nicht ab, und zwar sowohl, als ich im Krankenhaus war, wie auch, als ich ambulant behandelt wurde. Ich bin sicher, daß die Unterstützung und Liebe, die mir zuteil wurden, besonders von Annie, das Glück zu meinen Gunsten wendete.

Es gab, wie Sie sich vielleicht denken können, viele unheimliche Momente in dieser Zeit. Ich weiß noch, wie ich eines Nachts aufgrund ärztlicher Anweisungen um zwei Uhr morgens aufstand und das erste von zwölf Plastikröhrchen mit Busulfantabletten öffnete, einem starken Chemotherapeutikum. Auf der Verpackung stand:

Chemotherapeutisches Arzneimittel

Vorsicht, Lebensgefahr! Giftig!

Als lebensgefährliches Arzneimittel entsorgen!

Ich schluckte 72 dieser Pillen, eine nach der ändern. Es war eine tödliche Menge. Wenn ich nicht bald darauf eine Knochenmarktransplantation bekommen hätte, dann hätte mich allein diese Immununterdrückungstherapie umgebracht. Es war, als würde man eine tödliche Dosis Arsen oder Zyankali nehmen und hoffen, das richtige Gegenmittel werde rechtzeitig verabreicht werden.

Die Arzneimittel, mit denen mein Immunsystem unterdrückt werden sollte, hatten ein paar direkte Auswirkungen. Ich litt ständig unter einer schwachen Übelkeit, aber dieser Zustand wurde durch andere Mittel in Schach gehalten und war nicht so schlimm, daß ich nicht ein wenig hätte arbeiten können. Ich verlor fast alle Haare – was mir zusammen mit dem späteren Gewichtsverlust ein etwas ausgemergeltes Aussehen verlieh. Aber es gab mir viel Auftrieb, als unser vierjähriger Sohn Sam mich musterte und sagte: »Toller Haarschnitt, Dad.« Und dann fügte er noch hinzu: »Ich weiß gar nichts davon, daß du krank bist. Ich weiß nur, daß es dir wieder bessergehen wird.« Ich hatte befürchtet, daß die Transplantation selbst ungeheuer schmerzhaft wäre. Doch sie war bloß wie eine Bluttransfusion, wobei die Knochenmarkzellen meiner Schwester sich von allein zu meinem Knochenmark begaben. Einige Aspekte der Behand-

lung waren freilich äußerst schmerzhaft, aber es kam zu einer Art traumatischer Amnesie, so daß man den Schmerz fast vergessen hat, wenn alles vorbei ist. Am »Hut« vertritt man eine liberale Politik der Selbstmedikation mit Schmerzmitteln, die auch Morphinderivate einschließt, so daß ich sofort etwas gegen starke Schmerzen tun konnte. Das machte die ganze Prozedur viel erträglicher.

Am Ende der Behandlung stammten meine roten und weißen Blutkörperchen hauptsächlich von Cari. Die Sexualchromosomen waren XX- statt der übrigen XY-Chromosomen in meinem Körper. In meinem Blutkreislauf befanden sich weibliche Körperchen und Plättchen. Ich wartete immer darauf, daß sich einige von Caris Interessen – etwa eine Leidenschaft fürs Reiten oder die Lust, ein halbes Dutzend Broadway-Stücke auf einen Schlag anzuschauen – bemerkbar machen würden, aber das ist nie geschehen.

Annie und Cari haben mir das Leben gerettet. Ich werde ihnen für ihre Liebe und ihr Mitgefühl stets dankbar sein. Nachdem ich aus dem Krankenhaus entlassen worden war, brauchte ich alle möglichen medizinischen Behandlungen, unter anderem auch Medikamente, die mir mehrmals am Tag durch einen Katheter in meiner Hohlvene verabreicht wurden. Annie war meine »designierte Pflegerin« – sie gab mir die Medikamente Tag und Nacht, wechselte meine Kleidung, überprüfte die relevanten medizinischen Werte und unterstützte mich in allen wichtigen Belangen. Ich kann es gut verstehen, wenn man sagt, daß Menschen, die allein ins Krankenhaus kommen, viel schlechtere Chancen haben.

Dank der medizinischen Forschung durfte ich

weiterleben, jedenfalls vorläufig. Zum Teil handelte es sich dabei um angewandte Forschung, die tödliche Krankheiten direkt heilen oder abschwächen sollte, zum Teil um Grundlagenforschung, die nur dem Verständnis dafür dienen sollte, wie Lebewesen funktionieren – doch deren praktischer Nutzen letztlich unvorhersagbar war und deren Ergebnisse reine Glückssache waren. Ich verdankte mein Leben auch der Krankenversicherung der Cornell University und der Writers Guild of America (bei der ich durch Annie mitversichert war) – des amerikanischen Schriftstellerverbandes. Millionen von Amerikanern haben keine derartige Krankenversicherung. Was hätten wir getan, wenn ich auch keine gehabt hätte?

In meinen Büchern habe ich immer zu zeigen versucht, wie nahe verwandt wir mit anderen Tieren sind, wie grausam es ist, ihnen Schmerz zuzufügen, und wie unmoralisch es ist, sie zum Beispiel für die Herstellung von Lippenstift abzuschlachten. Aber noch immer gilt auch, was Dr. Thomas in seiner Dankesrede anlässlich der Verleihung des Nobelpreises erklärt hat: »Die Knochenmarktransplantation hätte ohne Tierforschung – zuerst an durch Inzucht gekreuzten Nagetieren und dann an nichtzuchtverwandten Arten, besonders dem Hund – nie bis zur klinischen Anwendung gelangen können.« In dieser Frage bin ich nach wie vor gespalten. Ich wäre heute nicht mehr am Leben, wenn es keine Tierforschung gäbe.

Mein Leben normalisierte sich also wieder. Annie und ich und unsere Familie kehrten nach Ithaca im Staat New York zurück, wo wir wohnen. Ich schloß mehrere Forschungsprojekte ab und las die Fahnen

meines Buchs *Der Drache in meiner Garage*. Wir trafen uns mit Bob Zemeckis, dem Regisseur des auf meinem Roman basierenden Films *Contact*, für den wir ein Drehbuch geschrieben hatten und an dem wir nun als Koproduzenten mitarbeiteten. Wir nahmen die Verhandlungen für einige neue Fernseh- und Filmprojekte auf. Ich war zudem an den Frühphasen des Vorbeiflugs der Raumsonde *Galileo* an Jupiter beteiligt.

Aber wenn es eine Lehre gab, die ich verinnerlichte, dann die, daß die Zukunft unvorhersagbar ist. Wie William John Rogers, der so fröhlich seine Postkarte in der frischen Luft des Nordatlantiks bekritzelte, beklagenswerterweise erfahren mußte, läßt sich nicht sagen, was selbst die allernächste Zukunft bereithält. Und nachdem ich seit Monaten zu Hause war – mein Haar war wieder gewachsen, mein Gewicht war wieder normal, die Anzahl meiner roten und weißen Blutkörperchen war wieder im Normbereich, und ich fühlte mich absolut großartig –, nahm mir ein weiterer Routinebluttest den Wind aus den Segeln. »Ich fürchte, ich habe eine schlechte Nachricht für Sie«, sagte der Arzt. In meinem Knochenmark habe sich eine neue Population gefährlicher, sich rapide vermehrender Zellen angesiedelt. Innerhalb von zwei Tagen befand sich die ganze Familie wieder in Seattle. Ich schreibe dieses Kapitel in meinem Krankenhausbett im »Hutch«. Durch ein neues experimentelles Verfahren war festgestellt worden, daß diesen anormalen Zellen ein Enzym fehlt, das sie vor zwei Standardchemotherapeutica schützen würde – Chemikalien, die mir zuvor gar nicht verschrieben worden waren. Nach einer Behandlungsserie mit

diesen Stoffen ließen sich keine anormalen Zellen mehr in meinem Knochenmark finden. Um irgendwelche Nachzügler zu beseitigen (die sehr schnell wachsen können, auch wenn es nur ganz wenige sind), bekam ich zwei weitere Chemotherapien – und zusätzlich ein paar weitere Zellen von meiner Schwester. Wieder schien ich eine echte Chance auf eine völlige Heilung zu haben. Wir alle neigen dazu, uns einem Zustand der Verzweiflung über die Zerstörungswut und Kurzsichtigkeit der Spezies Mensch hinzugeben. Mir ist es sicher nicht anders ergangen (und zwar mit guten Gründen, wie ich immer noch meine). Aber eines habe ich dank meiner Krankheit entdeckt: die außergewöhnliche Gemeinschaft der Güte, der Menschen in meiner Lage ihr Leben verdanken.

Über zwei Millionen Amerikaner haben sich freiwillig für das National Marrow Donor Programm, das Nationale Knochenmarkspender-Programm, zur Verfügung gestellt, die alle bereit sind, sich einer etwas unangenehmen Knochenmarkextraktion zu unterziehen, um irgendeinem mit ihnen überhaupt nicht verwandten Fremden zu helfen. Weitere Millionen spenden dem amerikanischen Roten Kreuz und anderen Blutspenderinstitutionen kostenlos Blut, um ein unbekanntes Leben zu retten. Wissenschaftler und Techniker arbeiten jahrelang – gegen große Widerstände, oft für ein geringes Gehalt und nie mit einer Erfolgsgarantie. Sie haben die unterschiedlichsten Motive, aber eines ist die Hoffnung, anderen zu helfen, Krankheiten zu heilen, den Tod hinauszuschieben. Wenn uns der Zynismus allzusehr zu überwältigen droht, bekommen wir

Auftrieb, wenn wir uns daran erinnern, wie viel Güte es doch gibt.

5000 Menschen beteten für mich während eines Ostergottesdienstes in der New Yorker Cathedral of St. John the Divine, einer der größten Kirchen der Welt. Ein Hindupriester schilderte eine große Gebetsnachtwaache, die für mich an den Ufern des Ganges abgehalten worden war. Der Imam von Nordamerika erzählte mir von seinen Gebeten für meine Genesung. Viele Christen und Juden schrieben mir und berichteten von ihren Gebeten. Ich glaube zwar nicht, daß, falls es einen Gott gibt, er seinen Plan für mich aufgrund von Gebeten ändern wird, doch all jenen, die sich für mich während meiner Krankheit eingesetzt haben – zu denen so viele Menschen gehören, die ich nie kennenlernen werde –, bin ich dankbarer, als ich sagen kann.

Viele haben mich gefragt, wie es möglich ist, den Tod ohne die Gewißheit eines Lebens danach verkraften zu können. Ich kann nur sagen, daß dies kein Problem für mich ist. Unter Vorbehalt im Hinblick auf »schwache Seelen« teile ich die Ansicht eines meiner persönlichen Helden, Albert Einstein:

»Einen Gott, der die Objekte seines Schaffens belohnt und bestraft, der überhaupt einen Willen hat nach Art desjenigen, den wir an uns selbst erleben, kann ich mir nicht einbilden. Auch ein Individuum, das seinen körperlichen Tod überdauert, mag und kann ich mir nicht denken; mögen schwache Seelen aus Angst oder lächerlichem Egoismus auch solche Gedanken nähren. Mir genügt das Mysterium der Ewigkeit

des Lebens und das Bewußtsein und die Ahnung von dem wunderbaren Bau des Seienden sowie das ergebene Streben nach dem Begreifen eines noch so winzigen Teiles der in der Natur sich manifestierenden Vernunft.«

Postskriptum

Seit ich dieses Kapitel vor einem Jahr geschrieben habe, hat sich viel ereignet. Ich wurde aus dem »Hutch« entlassen, wir kehrten nach Ithaca zurück, doch nach ein paar Monaten brach die Krankheit wieder aus. Diesmal war sie viel zermürender – vielleicht weil mein Körper durch die vorangegangenen Therapien geschwächt war, aber auch weil diesmal zur Vorbereitung auf die Transplantation eine Ganzkörperbestrahlung gehörte. Wieder begleitete meine Familie mich nach Seattle. Wieder wurde mir die gleiche fachliche und mitfühlende Pflege am »Hutch« zuteil. Wieder hatte Annie mich großartig ermutigt und aufgemuntert. Wieder hat meine Schwester Cari mir unendlich großzügig ihr Knochenmark gespendet. Wieder war ich von einer Gemeinschaft der Güte umgeben. Im Augenblick, da ich dies schreibe – obwohl es vielleicht noch in den Fahren korrigiert werden muß – , hat man die bestmögliche Prognose gestellt: Alle erkennbaren Knochenmarkzellen sind Spenderzellen, XX-Zellen, weibliche Zellen, Zellen von meiner Schwester. Es gibt keine einzige XY-Zelle mehr, keine Wirtszellen, männliche Zellen, Zellen, die die ursprüngliche Krankheit genährt haben. Manche Menschen leben sogar mit ein paar Prozent ihrer Wirtszellen noch jahrelang weiter. Aber ich werde erst einigermaßen sicher sein, wenn einige Jahre vergangen sind. Bis dahin kann ich nur hoffen.

Seattle, Washington

Ithaca, New York Oktober 1996

Epilog

Mit dem für ihn typischen Optimismus angesichts einer qualvollen Ungewißheit schrieb Carl den Schluß in seinem wunderbaren, leidenschaftlichen, kühn interdisziplinären und originellen Werk.

Nur ein paar Wochen später, Anfang Dezember, saß er an unserem Eßisch und betrachtete verwirrt eines seiner Lieblingsgerichte. Er hatte keinen Appetit. In unseren besten Zeiten waren wir immer stolz auf unser sogenanntes »Wodar« gewesen, eine Art inneres Radar, das unaufhörlich den Horizont nach den ersten Echoimpulsen einer drohenden Katastrophe absucht. Während unserer beiden Jahre im Tal des Schattens hatte sich unser Wodar stets im höchsten Alarmzustand befunden. Bei dieser aufregenden Berg- und Tal-Fahrt der Hoffnungen ließ selbst die geringste Schwankung von Carls körperlicher Verfassung die Alarmglocken schrillen.

Wir sahen uns vielsagend an. Sofort begann ich eine positive Hypothese zu entwickeln, um diesen plötzlichen Mangel an Appetit zu erklären. Wie üblich nahm ich Zuflucht zu dem Argument, daß dies nichts mit seiner Krankheit zu tun haben könne. Es sei bloß ein vorübergehendes Desinteresse am Essen, das ein gesunder Mensch nicht einmal bemerken würde. Carl lächelte leicht und sagte bloß: »Vielleicht.« Aber von diesem Augenblick an mußte er sich zum Essen zwingen, und seine Kraft ließ merklich nach.

Trotzdem bestand er darauf, einer vor längerer Zeit eingegangenen Verpflichtung nachzukommen und am Ende der Woche zwei öffentliche Vorträge im Gebiet

der San Francisco Bay zu halten. Als er nach dem zweiten Vortrag in unser Hotel zurückkehrte, war er erschöpft. Wir riefen in Seattle an. Die Ärzte drängten uns, augenblicklich ins »Hutch« zu kommen. Ich hatte Angst davor, Sasha und Sam erklären zu müssen, daß wir nicht, wie versprochen, am nächsten Tag zu ihnen heimfahren, sondern nun schon zum vierten Mal nach Seattle gehen würden, einem Ort, der für uns zu einem Synonym für Angst geworden war. Die Kinder waren wie vor den Kopf geschlagen. Wie konnten wir auf überzeugende Weise ihre Befürchtungen zerstreuen, daß daraus, wie schon dreimal zuvor, eine halbjährige Abwesenheit von zu Hause oder, wie Sasha sofort argwöhnte, etwas viel Schlimmeres werden könnte? Wieder einmal versuchte ich es mit einem meiner ermunternden Mantras: Daddy will leben. Er ist der tapferste, zähste Mensch, den ich kenne. Die Ärzte sind die besten auf der Welt... Ja, Hanukkah würde verschoben werden müssen. Aber sobald es Daddy besser ginge...

Am nächsten Tag enthüllte eine Röntgenaufnahme in Seattle, daß Carl eine Lungenentzündung unbekannten Ursprungs hatte. Wiederholte Tests erbrachten keinerlei Hinweis darauf, daß ein Bakterium, ein Virus oder ein Pilz die Ursache sein könnte. Die Entzündung in seiner Lunge war vielleicht eine verspätete Reaktion auf die lebensgefährliche Strahlendosis, die er ein halbes Jahr zuvor zur Vorbereitung auf die letzte Knochenmarkstransplantation bekommen hatte. Megadosen von Steroiden verschlimmerten nur sein Leiden, ohne seine Lunge wieder in Ordnung zu bringen. Die Ärzte begannen mich auf das Schlimmste vorzubereiten.

Wenn ich mich nun auf den Gang des Krankenhauses hinauswagte, begegnete ich ganz anderen Ausdrucksformen in den nur allzu vertrauten Gesichtern des Personals. Sie zuckten entweder vor lauter Mitgefühl oder wandten die Augen ab. Es wurde Zeit, daß die Kinder in den Westen kamen.

Als Carl Sasha erblickte, schien dies einen wundersamen Wandel in seinem Zustand zu bewirken. »Wunderschön, wunderschön, Sasha«, rief er. »Du bist nicht nur wunderschön, sondern du hast auch eine riesige Ausstrahlung.« Er sagte ihr, falls er es schaffen würde zu überleben, dann läge das zum Teil auch an der Kraft, die ihm ihre Gegenwart verleihe. Und in den nächsten Stunden schien sich auf den Monitoren des Krankenhauses eine Wende abzuzeichnen. Meine Hoffnung wuchs, aber im Hinterkopf war ich mir darüber klar, daß die Ärzte meine Begeisterung nicht teilten. Sie sahen in dieser kurzen Erholung das, was sie war, nämlich was sie einen »Indian Summer« nennen, ein kurzes Aufbäumen des Körpers vor dem letzten Kampf. »Dies ist eine Totenwache«, erklärte Carl mir ruhig. »Ich werde sterben.« – »Nein«, widersprach ich. »Du wirst auch das schaffen, genau wie bisher, wenn es hoffnungslos zu sein schien.« Er wandte sich mir mit dem gleichen Blick zu, wie ich ihn schon unzählige Male in den Debatten und Geplänkeln während der 20 Jahre unseres gemeinsamen Schreibens und unseres innigen Verliebtseins gesehen hatte. Mit einer Mischung aus Humor und Skepsis, aber wie immer ohne die geringste Spur von Selbstmitleid sagte er trocken: »Na gut, wir werden ja sehen, wer diesmal recht hat.«

Sam, der mittlerweile fünf war, wollte seinen Vater

noch einmal sehen. Obwohl Carl inzwischen nach Luft rang und nur mühsam sprechen konnte, gelang es ihm, sich zu beherrschen, als ob er seinem kleinen Sohn keine Angst einjagen wollte. »Ich liebe dich, Sam«, war alles, was er sagen konnte. »Ich liebe dich auch, Daddy«, erwiderte Sam feierlich.

Allen Phantasien der Fundamentalisten zum Trotz gab es keine Bekehrung auf dem Totenbett, keine Zuflucht zum Glauben in letzter Minute, keine tröstliche Vision von einem Himmel oder einem Leben nach dem Tod. Für Carl zählte am meisten das, was wahr war, nicht das, was uns tröstlicher erschien. Selbst in diesem Augenblick, da man jedem vergeben würde, wenn er sich von der Realität seiner Lage abwandte, war Carl unverzagt. Als wir einander tief in die Augen sahen, waren wir beide überzeugt, daß unser wunderbares Leben miteinander für immer zu Ende ging.

Es hatte 1974 angefangen, bei einer Dinnerparty, die Nora Ephron in New York gegeben hatte. Ich weiß noch, wie gut Carl aussah mit seinen aufgekrepelten Ärmeln und seinem strahlenden Lächeln. Wir redeten über Baseball und Kapitalismus, und es faszinierte mich, daß ich ihn so leicht zum Lachen bringen konnte. Aber Carl war verheiratet, und ich war an einen anderen Mann gebunden. Wir verkehrten gesellschaftlich als Paare miteinander. Wir vier kamen uns einander näher und begannen, miteinander zu arbeiten. Es gab Zeiten, in denen Carl und ich allein waren, und dann herrschte eine euphorische und hoch aufgeladene Stimmung, aber keiner von uns signalisierte dem ändern seine wahren Gefühle. Es

war unvorstellbar. Zu Beginn des Frühjahrs 1977 wurde Carl von der NASA aufgefordert, ein Komitee zusammenzustellen, das den Inhalt einer Schallplattenaufnahme auswählen sollte, die mit den Raumsonden *Voyager 1* und 2 ins Weltall geschickt werden würden. Nachdem sie ihren kühnen Aufklärungsflug zu den äußersten Planeten und ihren Monden abgeschlossen hatten, sollten die beiden Raumsonden das Schwerkraftfeld des Sonnensystems verlassen. Das war eine Chance, möglichen Wesen anderer Welten und Zeiten eine Botschaft zu schicken. Sie konnte viel komplexer sein als die Plakette, die Carl und seine Frau Linda Salzman sowie der Astronom Frank Drake an der Sonde *Pioneer 10* angebracht hatten. Schon das war ein Durchbruch gewesen, aber im Grunde war es nichts weiter als ein Zulassungsschild. Die *Voyager*-Aufnahme würde Grüße in 70 menschlichen Sprachen und in einer Walsprache enthalten, einen Radioessay über die Evolution, 116 Bilder vom Leben auf der Erde und 90 Minuten Musik, die die gesamte Vielfalt aller Weltkulturen verkörpern sollte. Die Ingenieure veranschlagten die Lebensdauer der goldenen Schallplattenaufnahmen auf eine Milliarde Jahre.

Wie lange ist eine Milliarde Jahre? In einer Milliarde Jahre werden sich die Kontinente der Erde so sehr verändert haben, daß wir die Oberfläche unseres Planeten nicht wiedererkennen würden. Vor 1000 Millionen Jahren waren Bakterien die komplexesten Lebensformen auf der Erde. Während des atomaren Wettrüstens kam uns unsere Zukunft sogar kurzfristig sehr zweifelhaft vor. Diejenigen von uns, die das Privileg genossen, an der Abfassung der

Voyager-Botschaft mitarbeiten zu dürfen, taten dies mit einem heiligen Ernst Es war denkbar, daß wir, wie einst Noah die Arche, nun unsere Arche der menschlichen Kultur zusammenbauten, die einzige menschliche Schöpfung, die bis in die unvorstellbar ferne Zukunft überleben würde. Im Laufe meiner entmutigenden Suche nach dem kostbarsten Stück chinesischer Musik rief ich Carl an und hinterließ eine Nachricht für ihn in seinem Hotel in Tucson, wo er einen Vortrag hielt. Eine Stunde später läutete das Telefon in meiner Wohnung in Manhattan. Ich hob ab und hörte eine Stimme sagen: »Ich kam in mein Zimmer zurück und fand einen Zettel vor, auf dem stand: >Annie hat dich verlangt<. Und da hab ich mich gefragt, warum du mir diese Nachricht nicht schon vor zehn Jahren hinterlassen hast.«

Ich ließ es darauf ankommen und erwiderte scherzend: »Na ja, darüber wollte ich schon immer mal mit dir reden, Carl.« Und dann nüchterner: »Meinst du, für immer?«

»Ja, für immer«, sagte er zärtlich. »Laß uns heiraten.«

»Ja«, sagte ich, und in diesem Augenblick hatten wir das Gefühl zu wissen, was man dabei empfand, wenn man ein neues Naturgesetz entdeckte. Es war ein »Heureka«, ein Augenblick, in dem eine großartige Wahrheit offenbart wurde, eine Wahrheit, die im Laufe der nächsten 20 Jahre durch zahllose Beweise bestätigt werden würde. Aber es war auch die Übernahme einer unbegrenzten Verpflichtung. Sobald man einmal in diese wunderbare Welt eingelassen wurde, wie konnte man jemals wieder außerhalb von ihr zufrieden sein? Es war der 1. Juni, der Festtag

unserer Liebe. Jedesmal, wenn danach einer von uns kein Verständnis für den ändern hatte, brachte die Beschwörung des 1. Juni ihn oder mich wieder zur Vernunft.

Früher einmal hatte ich Carl gefragt, ob es denkbar wäre, daß die Außerirdischen, wenn es welche gibt, in einer Milliarde Jahre die Hirnwellen eines Vermittlers interpretieren könnten. »Wer weiß? Eine Milliarde Jahre sind eine lange, lange Zeit«, lautete seine Antwort. »Falls es möglich sein könnte, warum sollten wir es dann nicht versuchen?«

Zwei Tage nach diesem Telefonat, das unser Leben veränderte, betrat ich ein Laboratorium am Bellevue Hospital in New York und wurde mit einem Computer verbunden, der alle Daten aus meinem Gehirn und aus meinem Herzen in Schall umwandelte. Ich hatte mir genau überlegt, welche Informationen ich im Laufe von einer Stunde übermitteln wollte. Ich begann damit, daß ich an die Geschichte der Erde und an das Leben dachte, das sie erhält. Ich bemühte mich, so gut ich konnte, einige Gedanken auf die Geschichte der Ideen und der sozialen Organisation des Menschen zu verwenden. Ich dachte an das Dilemma, in dem sich unsere Zivilisation befindet, und an die Gewalt und die Armut, die diesen Planeten für viele seiner Bewohner zur Hölle machen. Gegen Ende gestattete ich mir eine persönliche Bemerkung darüber, wie es ist, wenn man sich verliebt.

Nun wütete Carls Fieber. Ich hörte nicht auf, ihn zu küssen und mein Gesicht an seine brennende, unrasierte Wange zu drücken. Die Wärme seiner Haut

war merkwürdig beruhigend. Ich wollte sie so intensiv spüren, daß sein pulsierendes, körperliches Ich zur unauslöschlich eingegrabenen sinnlichen Erinnerung werden würde. Ich war hin- und hergerissen, wollte ihn einerseits ermahnen weiterzukämpfen, andererseits von dem lebenserhaltenden Folterapparat und dem Dämon befreit wissen, der ihn seit zwei Jahren gequält hatte.

Ich rief seine Schwester Cari, die soviel gegeben hatte, um all das zu verhindern, sowie seine erwachsenen Söhne Dorion, Jeremy und Nicholas und seinen Enkel Tonio an. Noch vor ein paar Wochen hatte unsere ganze Familie den Thanksgiving Day in unserem Haus in Ithaca zusammen gefeiert. Wir waren uns alle darin einig, daß dies der beste Thanksgiving Day gewesen war, den wir jemals miteinander verbracht hatten. Am Ende dieses Tages hatten wir alle irgendwie gestrahlt. Dieses Zusammensein hatte soviel Echtheit und Nähe besessen und uns ein stärkeres Gefühl des Einsseins vermittelt. Und nun legte ich den Hörer neben Carls Ohr, so daß er nacheinander ihre Abschiedsworte hören konnte.

Unsere Freundin, die Schriftstellerin und Produzentin Lynda Obst, kam sofort aus Los Angeles herbeigeeilt, um bei uns zu sein. Lynda war auch an jenem ersten verzauberten Abend bei Nora gewesen, als Carl und ich uns kennenlernten. Sie hatte aus erster Hand, mehr als jeder andere Mensch, unsere privaten wie beruflichen Zusammenkünfte miterlebt. Als ursprüngliche Produzentin des Films *Contact* hatte sie während der sechzehn Jahre, die es gedauert hatte, bis das Projekt produktionsreif gewesen war,

eng mit uns zusammengearbeitet. Lynda hatte bemerkt, daß die anhaltende Glut unserer Liebe wie eine tyrannische Gewalt auf jene Menschen um uns herum wirkte, die bei ihrer Suche nach einem Seelengefährten weniger Glück hatten. Doch statt sich über unsere Beziehung zu ärgern, pflegte Lynda sie liebevoll, wie ein Mathematiker ein Existenztheorem hochhalten würde, als etwas, das beweist, daß etwas möglich ist. Sie nannte mich gern Miss Bliss, Miss Himmelsgeschenk. Carl und ich haben jene Zeiten, die wir mit ihr verbrachten, ganz besonders geschätzt, als wir miteinander lachten und uns bis weit in die Nacht hinein über Wissenschaft, Philosophie, Klatsch, Popkultur und über Gott und die Welt unterhielten. Und nun war diese Frau, die unsere Höhenflüge mitgemacht hatte, die an diesem schwindelerregenden Tag, als ich mein Hochzeitskleid aussuchte, bei mir gewesen war – nun war sie an unserer Seite, als wir einander für immer Lebewohl sagten. Tage- und nächtelang hatten Sasha und ich abwechselnd in Carls Ohr geflüstert. Sasha sagte ihm, wie sehr sie ihn liebe, und sprach davon, wie sie ihn ihr Leben lang ehren würde. »Tapferer Mann, wunderbarer Mann«, sagte ich immer wieder zu ihm. »Gut gemacht. Mit Stolz und Freude über unsere Liebe lasse ich dich gehen. Ohne Angst. Erster Juni. Erster Juni. Für immer...« Während ich die Korrekturen in den Fahnen vornehme, die nach Carls Meinung notwendig sein könnten, gibt sein Sohn Jeremy einen Stock höher Sam seine allabendliche Computerstunde. Sasha macht ihre Hausaufgaben in ihrem Zimmer. Die *Voyager-Sonden*, mit ihren Offenbarungen über eine kleine, von Musik und Liebe begnadete Welt, ziehen

jenseits der äußersten Planeten hinaus in die offene See des interstellaren Raums. Sie eilen mit einer Geschwindigkeit von über sechzigtausend Kilometern pro Stunde auf die Sterne zu und einem Schicksal entgegen, von dem wir nur träumen können. Ich bin umgeben von Kartons mit Post von Menschen aus der ganzen Welt, die um Carl trauern. Viele verdanken ihm, daß er ihnen die Augen aufgetan hat. Einige sagen, Carls Beispiel habe sie dazu angeregt, für die Wissenschaft und Vernunft und gegen die Kräfte von Aberglauben und Fundamentalismus zu arbeiten. Diese Gedanken trösten mich und erheben mich aus meinem Schmerz. Sie geben mir das Gefühl, ohne jeden Rückgriff auf das Übernatürliche, daß Carl lebt.

Ann Druyan
14. Februar 1997
Ithaca, New York

Danksagung^{*}

Wie immer wurde auch dieses Buch unermesslich bereichert und verbessert durch Annie Druyans verständnisvolle Kommentare, inhaltliche Vorschläge, ihre glückliche Hand bei stilistischen Änderungen sowie durch ihre eigenen Beiträge. Wenn ich groß bin, hoffe ich, wie sie zu sein. Hilfreiche Anmerkungen zu Teilen des Buches oder zum ganzen Buch wurden von vielen Freunden und Kollegen gemacht – ich bin ihnen allen überaus dankbar. Ich nenne hier David Black, James Hansen, Jonathan Lunine, Geoff Marcy, Richard Turco und George Wetherill. Großzügig erfüllt haben unsere Bitten um Information unter anderem Linden Blue von General Atomics, John Bryson von Southern California Edison, Jane Callen und Jerry Donahoe vom US-Handelsministerium, Punam Chuhan und Julie Rickman von der Weltbank, Peter Nathanielsz vom Department of Physiology an der School of Veterinary Medicine an der Cornell University, James Racheis von der University of Alabama in Birmingham, Boubacar Toure von der FAO und Tom Welch vom US-Energieministerium. Leslie LaRocco vom Department of Modern Languages and Linguistics an der Cornell University danke ich für ihre Übersetzungshilfen beim Vergleich der

^{*} Dr. Sagan starb, bevor er diese Danksagung vollenden konnte. Die Herausgeber bedauern das Fehlen aller Namen von Personen oder Institutionen, die er aufgeführt hätte, wäre er in der Lage gewesen, diese Anmerkungen abzuschließen.

jeweiligen Fassungen von »Der gemeinsame Feind« in *Parade* und *Ogonjok*.

Ich schätze die Klugheit und Hilfe von Mort Janklow und Cynthia Cannell von Janklow & Nesbit Associates sowie die von Ann Godoff, Harry Evans, Alberto Vitale, Kathy Rosenbloom und Martha Schwarte von Random House.

Besonderen Dank schulde ich William Barnett für die sorgfältige Abschrift des Manuskripts, seine Hilfe beim Recherchieren und die Lektüre der Fahnen – er hat das Manuskript sicher durch die verschiedenen Phasen der Fertigstellung gesteuert, während ich gegen eine schwere Krankheit ankämpfte. Daß ich das Gefühl hatte, ich könnte mich auf ihn völlig verlassen, war ein großes Glück für mich, für das ich dankbar bin. Andrea Barnett und Laurel Parker von meinem Sekretariat an der Cornell University haben mir bei der Korrespondenz und der Recherche wertvolle Hilfe geleistet. Ich danke auch Karenn Gobrecht und Cindi Vita Vogel von Annies Büro für ihre kompetente Unterstützung.

Während das ganze Material in diesem Buch neu bearbeitet oder neu ist, sind die Kernaussagen vieler Kapitel zuvor schon in *Parade* erschienen; dafür ebenso wie für ihre große und unerschütterliche Unterstützung im Laufe der Jahre danke ich dem Herausgeber Walter Andersen und dem Chefredakteur David Currier. Teile von einigen wenigen Kapiteln sind erschienen in *American Journal of Physics*, *Forbes-FYI*, *Environment in Peril*, hrsg. von Anthony Wolbarst (Auszug aus einer Rede, die ich vor der Environmental Protection Agency in Washington, D. C. gehalten habe), *Los Angeles Times* sowie in *Lend*

Me Your Ears: Great Speeches in History, hrsg. von William Safire (New York 1992).

Patrick McDonnell war großzügigerweise damit einverstanden, daß seine Zeichnungen zur Veranschaulichung des Textes in dieses Buch aufgenommen wurden. Dankbar bin ich auch der Carson Productions Group für die Erlaubnis, ein Foto zu verwenden, das mich mit Johnny Carson zeigt, Barbara Boettcher für ihre Graphiken, James Hansen für die Erlaubnis, seine Diagramme im elften Kapitel zu verwenden, und Lennart Nilsson für die Erlaubnis, Zeichnungen nach seinen bahnbrechenden Fotos menschlicher Feten *in utero* anfertigen zu lassen.

Literaturhinweise

(einige zitierte Werke und Vorschläge für
weiterführende Lektüre)

Erstes Kapitel

Robert L Millet und Joseph Fielding McConkie: *The Life Beyond*. Salt Lake City 1986.

Drittes Kapitel

Harvey Araton: »Nuggets' Abdul-Rauf Shouldn't Stand for It«, in: *The New York Times*, 14. März 1996.

Einen guten, anekdotischen Überblick über den Profisport und seine Bewunderer bietet *Fans!* von Michael Roberts (Washington, D. C. 1976). Eine klassische Untersuchung der Jäger-Sammler-Gesellschaft stellt *The IKung San* von Richard Borshay Lee (New York 1979) dar. Die meisten der in diesem Buch erwähnten Bräuche der Jäger und Sammler beziehen sich auf die IKung und viele andere nicht randständige Kulturen auf der ganzen Welt – bevor sie von der Zivilisation vernichtet wurden.

Viertes Kapitel

Kumi Yoshida u. a.: »Cause of Blue Petal Colour«, in: *Nature*, Bd. 373, 1995, S. 291.

Neuntes Kapitel

Managing Planet Earth: Readings from »Scientific American« Magazine. New York 1990.

J. McMichael: *Planetary Overload: Global Environmental Change and the Health of the Human Species.* New York 1993.

Richard Turco: *Earth Under Siege: Air Pollution and Global Change.* New York 1995

Zehntes Kapitel

Eric Alterman: »Voodoo Science«, in: *The Nation*, 5. Februar 1996, S. 6 f.

Richard Benedick: *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet.* Cambridge, MA, 1991.

William Brune: »There's Safety in Numbers «, in: *Nature*, Bd. 379, 1996, S. 486f.

Arjun Makhijani und Kevin Gurney: *Mending the Ozone Hole.* Cambridge 1995.

Stephen A. Montzka u. a.: »Decline in the Tropospheric Abundance of Halogen for Halocarbons: Implications for Stratospheric Ozone Depletion«, in: *Science*, Bd. 272, 1996, S. 1318-1322.

F. Sherwood Rowland: »The Ozone Depletion Phenomenon«, in: *Beyond Discovery.* Washington, D. C. 1996.

James M. Russell III. u. a.: »Satellite Confirmation of the Dominance of Chlorofluorocarbons in the Global Stratospheric Chlorine Budget«, in: *Nature*,

Bd. 379,1996, S. 526-529.

Elftes Kapitel

Jack Anderson: »Lessons for Us to Learn from the Persian Gulf«, in: *Ithaca Journal*, 29. September 1990, S. 10A.

Robert Balling, Jr.: »Keep Cool About Global Warming«. Leserbrief an *The Wall Street Journal*, 16. Oktober 1995, S. A14.

Hugh W. Ellsaesser, Gregory A. Inskip und Tom M.L. Wigley: »Apply Cold Science to a HotTopic«. Leserbrief an *The Wall Street Journal*, 20. November 1995.

Vivien Gornitz: »Sea-Level Rise: A Review of Recent Fast and Near-Future Trends«, in: *Earth Surface Processes and Land Forms*, Bd. 20, 1995, S. 7ff.

James Hansen, »Climatic Change: Understanding Global Warming«, in: *One World*, hrsg. von Robert Lanza, Santa Fe, NM, 1996.

Ola M. Johannessen u. a.: »The Arctic's Shrinking Sea Ice«, in: *Nature*, Bd. 376,1995, S. 126-127.

Richard A. Kerr: »Scientists See Greenhouse, Semiofficially«, in: *Science*, Bd. 269,1995, S. 1657.

Michael MacCracken: »Climate Change: The Evidence Mounts Up«, in: *Nature*, Bd. 376,1995, S. 645-646.

Michael Oppenheimer: »The Big Greenhouse Is Getting Warmer«. Leserbrief an *The Wall Street Journal*, 27. Oktober 1995, S. A15.

Cynthia Rosenzweig und Daniel Hillel: »Potential

Impacts of Climatic Change on Agriculture and Food Supply«, in: *Consequences*, Bd. 1, 1995, S. 23-32.

Stephen E. Schwartz und Meinrat O. Andreae: »Uncertainty in Climate Change Caused by Aerosols«, in: *Science*, Bd. 272, 1996, S. 1121-1122.

William Sprigg: »Climate Change: Doctors Watch the Forecasts«, in: *Nature*, Bd. 379, 1996, S. 582.

William K. Stevens: »A Sceptic Asks, Is It Getting Hotter, or Is It Just the Computer Model?«, in: *The New York Times*, 18. Juni 1996, S. C1.

Julia Uppenbrink: »Arrhenius and Global Warming«, in: *Science*, Bd. 272, 1996, S. 1122.

Zwölftes Kapitel

Ghossen Asrar und Jeff Dozier: *EOS: Science Strategy for the Earth Observing System*. Woodbury, NY, 1994. *Business and the Environment* (Cutter Information Corp.), Januar 1996, S. 4.

»FAS Hosts Climate Change Conference for World Bank«, FAS (Federation of American Scientists), Public Interest Report, März/April 1996.

Kennedy Graham: *The Planetary Interest*. Global Security Programme, University of Cambridge, England, 1995.

Jeremy Leggett (Hrsg.): *Global Warming*. New York 1990. (Dt: Die Wärmekatastrophe und wie wir sie verhindern können)

Thomas R. Mancini, James M. Chavez und Gregory J. Kolb: »Solar Thermal Power Today and Tomorrow«, in: *Mechanical Engineering*, Bd. 116, 1994, S. 74-79.

Michael Valenti: »Storing Solar Energy in Salt«, in: *Mechanical Engineering*, Bd. 117,1995, S. 72-75.

Dreizehntes Kapitel

Julie Edelson Haiport: »Harnessing the Sun and Selling It Abroad: U.S. Solar Industry in Export Boom«, in: *The New York Times*, 5. Juni 1995,S.DI.

Raimon Panikkar, Vortrag auf dem Global World Forum of Spiritual and Parliamentary Leaders, Oxford, England, April 1988. Carl Sagan u. a.: »Preserving and Cherishing the Earth«, in: *American Journal of Physics*, Bd. 58,1990, S. 615-617. Peter Steinfelds: »Evangelical Group Defends Laws Protecting Endangered Species as a Modern >Noah's Ark<«, in: *The New York Times*, 31. Januar 1996.

Vierzehntes Kapitel

Georgij A Arbatov: *The System: An Insider's Life in Soviet Politics*. New York 1992. (Dt.: Das System)

Michail Heller und Alexander M. Nekritsch: *Utopia in Power: The History of the Soviet Union from 1917 to the Present*. Übersetzung Phyllis B. Carlos, New York 1986.

Fünfzehntes Kapitel

John Connery, S. J.: *Abortion: The Development of the Roman Catholic Perspective*. Chicago 1977.

M. A. England: *The Color Atlas of Life Before Birth: Normal Fetal Development*. Chicago 1990.

Jane Hurst: *The History of Abortion in the Catholic Church: The Untold Story*. Washington, D. C. 1989.

Carl Sagan: *The Dragons of Eden*. New York 1977.
(Dt: Die Drachen von Eden).

Carl Sagan und Ann Druyan: *Shadows of Forgotten Ancestors: A Search for Who We Are*. New York 1992.

Siebzehntes Kapitel

Lawrence J. Korb: »Military Metamorphosis«, in: *Issues in Science and Technology*, 1995/96, S. 75-77.

Neunzehntes Kapitel

Albert Einstein, *The World as I See It*. New York 1934. (Dt.: *Wie ich die Welt sehe*).