

KETZERISCHE GEDANKEN ÜBER WISSENSCHAFT UND GESELLSCHAFT

Ein Aufsatz von Freeman Dyson [8.7.07]

(Übersetzung aus dem Englischen: Alfred Dandyk mit der Hilfe von DeepL)

Meine erste Ketzerei besagt, dass das ganze Getue um die globale Erwärmung stark übertrieben ist. Hier wende ich mich gegen die heilige Bruderschaft der Klimamodellexperten und die Menge der verblendeten Bürger, die den von den Computermodellen vorhergesagten Zahlen glauben. Natürlich, so heißt es, habe ich keinen Abschluss in Meteorologie und bin daher nicht qualifiziert, zu sprechen. Aber ich habe die Klimamodelle studiert und weiß, was sie leisten können. Die Modelle lösen die Gleichungen der Strömungsdynamik, und sie leisten eine sehr gute Arbeit bei der Beschreibung der Flüssigkeitsbewegungen der Atmosphäre und der Ozeane. Sie beschreiben die Wolken, den Staub, die Chemie und die Biologie von Feldern, Bauernhöfen und Wäldern sehr schlecht. Sie fangen nicht an, die reale Welt zu beschreiben, in der wir leben. Die wirkliche Welt ist schlammig und chaotisch und voller Dinge, die wir noch nicht verstehen. Für einen Wissenschaftler ist es viel einfacher, in einem klimatisierten Gebäude zu sitzen und Computermodelle laufen zu lassen, als Winterkleidung anzuziehen und zu messen, was wirklich draußen in den Sümpfen und den Wolken geschieht. Deshalb glauben die Klimamodellexperten am Ende ihren eigenen Modellen.

1. Die Notwendigkeit von Ketzern

In der modernen Welt interagieren Wissenschaft und Gesellschaft oft auf eine perverse Art und Weise. Wir leben in einer technologischen Gesellschaft, und Technologie verursacht politische Probleme. Die Politiker und die Öffentlichkeit erwarten von der Wissenschaft Antworten auf die Probleme. Wissenschaftliche Experten werden bezahlt und ermutigt, Antworten zu geben. Die Öffentlichkeit hat nicht viel Verwendung für einen Wissenschaftler, der sagt: "Tut uns leid, aber wir wissen es nicht". Die Öffentlichkeit zieht es vor, Wissenschaftlern zuzuhören, die selbstbewusste Antworten auf Fragen geben und zuversichtlich voraussagen, was als Folge menschlicher Aktivitäten geschehen wird. So kommt es vor, dass die Experten, die öffentlich über politisch umstrittene Fragen sprechen, dazu neigen, klarer zu sprechen, als sie denken. Sie machen selbstbewusste Vorhersagen über die Zukunft und glauben schließlich ihren eigenen Vorhersagen. Ihre Vorhersagen werden zu

Dogmen, die sie nicht in Frage stellen. Die Öffentlichkeit wird in dem Glauben gelassen, dass die modischen wissenschaftlichen Dogmen wahr sind, und es kann manchmal vorkommen, dass sie falsch sind. Deshalb braucht man Ketzer, die die Dogmen in Frage stellen.

Als Wissenschaftler habe ich kein großes Vertrauen in Vorhersagen. Wissenschaft ist organisierte Unvorhersehbarkeit. Die besten Wissenschaftler arrangieren die Dinge in einem Experiment gerne so, dass sie so unvorhersehbar wie möglich sind, und dann machen sie das Experiment, um zu sehen, was passieren wird. Man könnte sagen: Wenn etwas vorhersehbar ist, dann ist es nicht die Wissenschaft. Wenn ich Vorhersagen mache, spreche ich nicht als Wissenschaftler. Ich spreche als Geschichtenerzähler, und meine Vorhersagen sind eher Science-Fiction als Wissenschaft. Die Vorhersagen von Science-Fiction-Autoren sind bekanntermaßen ungenau. Ihr Zweck ist es, sich vorzustellen, was passieren könnte, und nicht zu beschreiben, was passieren wird. Ich werde Geschichten erzählen, die die vorherrschenden Dogmen von heute in Frage stellen. Die vorherrschenden Dogmen mögen zwar richtig sein, aber sie müssen noch in Frage gestellt werden. Ich bin stolz darauf, ein Ketzer zu sein. Die Welt braucht immer Ketzer, um die herrschenden Orthodoxien herauszufordern. Da ich ein Ketzer bin, bin ich es gewohnt, in der Minderheit zu sein. Wenn ich alle dazu bringen könnte, mir zuzustimmen, wäre ich kein Ketzer.

Wir haben das Glück, dass wir heute Ketzer sein können, ohne Gefahr zu laufen, auf dem Scheiterhaufen verbrannt zu werden. Aber leider bin ich ein alter Ketzer. Alte Ketzer schneiden nicht viel Eis. Wenn man einen alten Ketzer reden hört, kann man immer sagen: "Schade, dass er den Verstand verloren hat", und weitergehen. Was die Welt braucht, sind junge Ketzer. Ich hoffe, dass ein oder zwei der Personen, die dieses Stück lesen, diese Rolle ausfüllen können.

Vor zwei Jahren war ich an der Cornell University und feierte das Leben von Tommy Gold, einem berühmten Astronomen, der im hohen Alter starb. Er war als Ketzer bekannt, der unbeliebte Ideen förderte, die sich in der Regel als richtig herausstellten. Vor langer Zeit war ich ein Versuchskaninchen in Tommys Experimenten über das menschliche Gehör. Er hatte die ketzerische Idee, dass das menschliche Ohr die Tonhöhe mit Hilfe eines Satzes gestimmter Resonatoren mit aktiver elektromechanischer Rückkopplung unterscheidet. Er veröffentlichte ein Papier, das erklärt, wie das Ohr funktionieren muss, [Gold, 1948]. Er beschrieb, wie die Schwingungen des Innenohrs in elektrische Signale umgewandelt werden müssen, die in die mechanische Bewegung zurückgeführt werden, wodurch die Schwingungen verstärkt und die Schärfe der Resonanz erhöht wird. Die Experten für Hörphysiologie ignorierten seine Arbeit, weil er keinen Abschluss in Physiologie hatte. Viele Jahre später entdeckten die Experten die beiden Arten von Haarzellen im Innenohr, die tatsächlich die Rückkopplung durchführen, wie Tommy vorhergesagt hatte, wobei eine Art von Haarzellen als elektrische

Sensoren und die andere Art als mechanische Treiber fungiert. Die Experten brauchten vierzig Jahre, um zuzugeben, dass er Recht hatte. Natürlich wusste ich, dass er Recht hatte, denn ich hatte ihm bei den Experimenten geholfen.

Später in seinem Leben förderte Tommy Gold eine weitere ketzerische Idee, nämlich dass das Öl und das Erdgas im Boden aus den Tiefen des Erdmantels aufsteigen und nichts mit der Biologie zu tun haben. Auch hier sind sich die Experten sicher, dass er sich irrt, und er hat nicht lange genug gelebt, um ihre Meinung zu ändern. Nur wenige Wochen vor seinem Tod führten einige Chemiker der Carnegie Institution in Washington ein schönes Experiment in einer Diamant-Ambosszelle durch, [Scott et al., 2004]. Sie vermischten winzige Mengen von drei Dingen, von denen wir wissen, dass sie im Erdmantel existieren, und beobachteten sie bei dem Druck und der Temperatur, die dem Mantel in etwa zweihundert Kilometer Tiefe entsprechen. Die drei Dinge waren Kalziumkarbonat, das ein Sedimentgestein ist, Eisenoxid, das ein Bestandteil des Eruptivgesteins ist, und Wasser. Diese drei Dinge sind sicherlich vorhanden, wenn eine Platte mit subduziertem Meeresboden aus einem tiefen Ozeangraben in den Erdmantel hinabsteigt. Das Experiment zeigte, dass sie schnell reagieren und viel Methan, also Erdgas, produzieren. Wenn wir das Ergebnis des Experiments kennen, können wir sicher sein, dass in zweihundert Kilometern Tiefe große Mengen an Erdgas im Mantel vorhanden sind. Wir wissen nicht, wie viel von diesem Erdgas sich durch Risse und Kanäle im darüber liegenden Gestein nach oben drängt, um die flachen Erdgaslagerstätten zu bilden, die wir jetzt verbrennen. Wenn sich das Gas schnell genug nach oben bewegt, wird es in den kühleren Regionen, in denen sich die Reservoirs befinden, intakt ankommen. Wenn es sich zu langsam durch die heiße Region bewegt, kann das Methan in Karbonatgestein und Wasser umgewandelt werden. Das Experiment des Carnegie-Instituts zeigt, dass zumindest die Möglichkeit besteht, dass Tommy Gold Recht hatte und die Erdgaslagerstätten von tief unten gespeist werden. Die Chemiker schickten eine E-Mail an Tommy Gold, um ihm ihr Ergebnis mitzuteilen, und erhielten die Nachricht, dass er drei Tage zuvor gestorben war. Jetzt, da er tot ist, brauchen wir mehr Ketzer, die seinen Platz einnehmen.

2. Klima- und Landmanagement

Das Hauptthema dieses Stücks ist das Problem des Klimawandels. Dies ist ein umstrittenes Thema, an dem sowohl Politik und Wirtschaft als auch die Wissenschaft beteiligt sind. Die Wissenschaft ist untrennbar mit der Politik verbunden. Alle sind sich einig, dass sich das Klima verändert, aber es gibt heftig divergierende Meinungen über die Ursachen des Wandels, über die Folgen des Wandels und über mögliche Abhilfen. Ich befürworte eine ketzerische Meinung, die erste von drei Ketzereien, die ich in diesem Stück diskutieren werde.

Meine erste Ketzerei besagt, dass das ganze Getue um die globale Erwärmung stark übertrieben ist. Hier wende ich mich gegen die heilige Bruderschaft der Klimamodellexperten und die Menge der verblendeten Bürger, die den von den Computermodellen vorhergesagten Zahlen glauben. Natürlich, so heißt es, habe ich keinen Abschluss in Meteorologie und bin daher nicht qualifiziert, zu sprechen. Aber ich habe die Klimamodelle studiert und weiß, was sie leisten können. Die Modelle lösen die Gleichungen der Strömungsdynamik, und sie leisten eine sehr gute Arbeit bei der Beschreibung der Flüssigkeitsbewegungen der Atmosphäre und der Ozeane. Sie beschreiben die Wolken, den Staub, die Chemie und die Biologie von Feldern, Bauernhöfen und Wäldern sehr schlecht. Sie fangen nicht an, die reale Welt zu beschreiben, in der wir leben. Die wirkliche Welt ist schlammig und chaotisch und voller Dinge, die wir noch nicht verstehen. Für einen Wissenschaftler ist es viel einfacher, in einem klimatisierten Gebäude zu sitzen und Computermodelle laufen zu lassen, als Winterkleidung anzuziehen und zu messen, was wirklich draußen in den Sümpfen und den Wolken geschieht. Deshalb glauben die Klimamodellexperten am Ende ihren eigenen Modellen.

Es besteht kein Zweifel, dass sich Teile der Welt erwärmen, aber die Erwärmung ist nicht global. Ich sage nicht, dass die Erwärmung keine Probleme verursacht. Offensichtlich tut es das. Natürlich sollten wir versuchen, es besser zu verstehen. Ich sage, dass die Probleme stark übertrieben sind. Sie nehmen Geld und Aufmerksamkeit von anderen, dringenderen und wichtigeren Problemen ab, wie Armut und Infektionskrankheiten, öffentliche Bildung und Gesundheit und die Erhaltung von Lebewesen an Land und in den Ozeanen, ganz zu schweigen von einfachen Problemen wie dem rechtzeitigen Bau angemessener Deiche um die Stadt New Orleans.

Ich werde das Problem der globalen Erwärmung ausführlich erörtern, weil es interessant ist, auch wenn seine Bedeutung übertrieben ist. Eine der Hauptursachen für die Erwärmung ist die Zunahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre, das durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Öl, Kohle und Erdgas entsteht. Um die Bewegung von Kohlenstoff durch die Atmosphäre und die Biosphäre zu verstehen, müssen wir eine Menge Zahlen messen. Ich möchte Sie nicht mit vielen Zahlen verwirren, deshalb bitte ich Sie, sich nur eine Zahl zu merken. Die Zahl, die ich Sie bitte, sich zu merken, ist ein Hundertstel Zoll pro Jahr. Nun werde ich erklären, was diese Zahl bedeutet. Betrachten Sie die Hälfte der Landfläche der Erde, die nicht Wüste oder Eiskappe oder Stadt oder Straße oder Parkplatz ist. Dies ist die Hälfte des Landes, das mit Erde bedeckt ist und die eine oder andere Art von Vegetation trägt. Jedes Jahr absorbiert es einen bestimmten Teil des Kohlendioxids, das wir in die Atmosphäre ausstoßen, und wandelt ihn in Biomasse um. Unter Biomasse versteht man Lebewesen, Pflanzen und Mikroben und Tiere sowie die organischen Materialien, die zurückbleiben, wenn die Lebewesen sterben und verrotten. Wir wissen nicht, wie groß ein Teil unserer Emissionen vom Land absorbiert wird, da wir die Zu- oder Abnahme

der Biomasse nicht gemessen haben. Die Zahl, an die ich Sie bitte, sich zu erinnern, ist die Zunahme der Dicke der Biomasse, die im Durchschnitt über die Hälfte der Landfläche des Planeten ausmacht, die sich ergeben würde, wenn der gesamte Kohlenstoff, den wir durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe ausstoßen, absorbiert würde. Die durchschnittliche Zunahme der Dicke beträgt ein Hundertstel Zoll pro Jahr.

Der Punkt dieser Berechnung ist die sehr günstige Austauschrate zwischen dem Kohlenstoff in der Atmosphäre und dem Kohlenstoff im Boden. Um den Anstieg des Kohlenstoffs in der Atmosphäre zu stoppen, müssen wir die Biomasse im Boden nur um einen hundertstel Zoll pro Jahr erhöhen. Guter Oberboden enthält etwa zehn Prozent Biomasse [Schlesinger, 1977], so dass ein Hundertstel Zoll Biomassewachstum etwa ein Zehntel Zoll Oberboden bedeutet. Veränderungen in der landwirtschaftlichen Praxis wie Direktsaat, bei der der Einsatz des Pfluges vermieden wird, führen dazu, dass die Biomasse mindestens so schnell wächst. Wenn wir Pflanzen anbauen, ohne den Boden zu pflügen, geht mehr von der Biomasse in die Wurzeln, die im Boden bleiben, und weniger in die Atmosphäre zurück. Wenn wir die Gentechnik nutzen, um mehr Biomasse in die Wurzeln zu bringen, können wir wahrscheinlich ein viel schnelleres Wachstum des Oberbodens erreichen. Ich schließe aus dieser Berechnung, dass das Problem des Kohlendioxids in der Atmosphäre ein Problem der Landbewirtschaftung ist, nicht ein Problem der Meteorologie. Kein Computermodell der Atmosphäre und des Ozeans kann hoffen, die Art und Weise vorherzusagen, wie wir unser Land verwalten werden.

Hier ist ein weiterer ketzerischer Gedanke. Anstatt weltweite Durchschnittswerte für das Wachstum der Biomasse zu berechnen, ziehen wir es vielleicht vor, das Problem lokal zu betrachten. Denken Sie über eine mögliche Zukunft nach, in der China weiterhin eine industrielle Wirtschaft entwickelt, die weitgehend auf der Verbrennung von Kohle basiert, und die Vereinigten Staaten beschließen, das entstehende Kohlendioxid durch eine Erhöhung der Biomasse in unserem Oberboden zu absorbieren. Die Menge an Biomasse, die sich in lebenden Pflanzen und Bäumen anreichern kann, ist begrenzt, aber es gibt keine Grenze für die Menge, die im Oberboden gespeichert werden kann. Der massenhafte Anbau von Mutterboden kann je nach den wirtschaftlichen Gegebenheiten der Land- und Forstwirtschaft praktisch sein oder auch nicht. Es ist zumindest eine ernsthaft zu erwägende Möglichkeit, dass China durch die Verbrennung von Kohle reich werden könnte, während die Vereinigten Staaten durch die Anhäufung von Mutterboden ökologisch tugendhaft werden könnten, wobei der Transport von Kohlenstoff aus dem Bergwerk in China zum Boden in Amerika kostenlos von der Atmosphäre bereitgestellt wird und der Kohlenstoffbestand in der Atmosphäre konstant bleibt. Wir sollten solche Möglichkeiten in Betracht ziehen, wenn wir Vorhersagen über den Klimawandel und fossile Brennstoffe hören. Wenn die Biotechnologie in den nächsten fünfzig Jahren den Planeten übernimmt, wie es die Computertechnologie in den letzten fünfzig Jahren getan hat, werden sich die Spielregeln des Klimas radikal ändern.

Wenn ich mir die öffentlichen Debatten über den Klimawandel anhöre, bin ich beeindruckt von den enormen Wissenslücken, der Spärlichkeit unserer Beobachtungen und der Oberflächlichkeit unserer Theorien. Viele der grundlegenden Prozesse der planetarischen Ökologie sind nur unzureichend verstanden. Sie müssen besser verstanden werden, bevor wir zu einer genauen Diagnose des gegenwärtigen Zustands unseres Planeten gelangen können. Wenn wir versuchen, uns um einen Planeten zu kümmern, wie wir uns auch um einen menschlichen Patienten kümmern, müssen Krankheiten erst diagnostiziert werden, bevor sie geheilt werden können. Wir müssen beobachten und messen, was in der Biosphäre vor sich geht, anstatt uns auf Computermodelle zu verlassen.

Alle sind sich darüber einig, dass der zunehmende Reichtum an Kohlendioxid in der Atmosphäre zwei wichtige Konsequenzen hat: erstens eine Veränderung der Physik des Strahlungstransports in der Atmosphäre und zweitens eine Veränderung der Biologie der Pflanzen am Boden und im Ozean. Die Meinungen über die relative Bedeutung der physikalischen und biologischen Wirkungen und darüber, ob die Wirkungen, entweder getrennt oder zusammen, vorteilhaft oder schädlich sind, gehen auseinander. Die physikalischen Auswirkungen zeigen sich in Veränderungen von Niederschlag, Bewölkung, Windstärke und Temperatur, die üblicherweise unter dem irreführenden Begriff "globale Erwärmung" zusammengefasst werden. In feuchter Luft ist die Wirkung von Kohlendioxid auf den Strahlungstransport unwichtig, da der Transport von Wärmestrahlung bereits durch den viel größeren Treibhauseffekt von Wasserdampf blockiert wird. Die Wirkung von Kohlendioxid ist wichtig, wenn die Luft trocken ist, und Luft ist normalerweise nur dort trocken, wo sie kalt ist. Heiße Wüstenluft mag sich trocken anfühlen, enthält aber oft viel Wasserdampf. Die wärmende Wirkung von Kohlendioxid ist dort am stärksten, wo die Luft kalt und trocken ist, vor allem in der Arktis und nicht in den Tropen, vor allem in den Gebirgsregionen und nicht im Flachland, vor allem im Winter und nicht im Sommer, und vor allem nachts und nicht am Tag. Die Erwärmung ist real, aber sie macht kalte Orte eher wärmer als heiße Orte heißer. Diese lokale Erwärmung durch einen globalen Durchschnitt darzustellen, ist irreführend.

Der grundlegende Grund, warum Kohlendioxid in der Atmosphäre für die Biologie von entscheidender Bedeutung ist, ist, dass es so wenig davon gibt. Ein Maisfeld, das mitten am Tag in vollem Sonnenlicht wächst, verbraucht das gesamte Kohlendioxid innerhalb eines Meters des Bodens in etwa fünf Minuten. Wenn die Luft nicht ständig durch Konvektionsströmungen und Winde bewegt würde, würde das Getreide nicht mehr wachsen. Etwa ein Zehntel des gesamten Kohlendioxids in der Atmosphäre wird jeden Sommer in Biomasse umgewandelt und jeden Herbst wieder in die Atmosphäre zurückgegeben. Deshalb lassen sich die Auswirkungen der Verbrennung fossiler Brennstoffe nicht von den Auswirkungen des Wachstums und des Verfalls von Pflanzen trennen. Es gibt fünf Kohlenstoffspeicher, die auf einer kurzen Zeitskala biologisch zugänglich sind, wobei die Karbonatgesteine und

der tiefe Ozean, die nur auf einer Zeitskala von Tausenden von Jahren zugänglich sind, nicht mitgezählt werden. Die fünf zugänglichen Reservoirs sind die Atmosphäre, die Landpflanzen, der Oberboden, in dem Landpflanzen wachsen, die Oberflächenschicht des Ozeans, in der Meerespflanzen wachsen, und unsere nachgewiesenen Reserven an fossilen Brennstoffen. Die Atmosphäre ist das kleinste Reservoir und die fossilen Brennstoffe sind die größten, aber alle fünf Reservoirs sind von vergleichbarer Größe. Sie alle interagieren stark miteinander. Um einen von ihnen zu verstehen, muss man sie alle verstehen.

Als Beispiel für die Art und Weise, wie verschiedene Kohlendioxid-Reservoirs miteinander interagieren können, betrachten Sie die Atmosphäre und den Oberboden. Gewächshaus-Experimente zeigen, dass viele Pflanzen, die in einer mit Kohlendioxid angereicherten Atmosphäre wachsen, mit einer Erhöhung ihres Wurzel-zu-Trieb-Verhältnisses reagieren. Das bedeutet, dass die Pflanzen mehr von ihrem Wachstum in Wurzeln und weniger in Stängel und Blätter stecken. Eine Änderung in dieser Richtung ist zu erwarten, denn die Pflanzen müssen ein Gleichgewicht zwischen den Blättern, die den Kohlenstoff aus der Luft sammeln, und den Wurzeln, die die mineralischen Nährstoffe aus dem Boden aufnehmen, aufrechterhalten. Die angereicherte Atmosphäre kippt das Gleichgewicht, so dass die Pflanzen weniger Blattfläche und mehr Wurzelraum benötigen. Überlegen Sie nun, was mit den Wurzeln und Trieben passiert, wenn die Wachstumsaison vorbei ist, wenn die Blätter fallen und die Pflanzen absterben. Die neu gewachsene Biomasse zerfällt und wird von Pilzen oder Mikroben gefressen. Ein Teil davon kehrt in die Atmosphäre zurück und ein Teil wird in Mutterboden umgewandelt. Im Durchschnitt wird ein größerer Teil des oberirdischen Wachstums wieder in die Atmosphäre zurückkehren und ein größerer Teil des unterirdischen Wachstums wird zum Mutterboden werden. Die Pflanzen mit erhöhtem Wurzel-zu-Sproß-Verhältnis werden also einen erhöhten Kohlenstofftransfer von der Atmosphäre in den Oberboden bewirken. Wenn die Zunahme des atmosphärischen Kohlendioxids durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe zu einem Anstieg des durchschnittlichen Wurzel-zu-Trieb-Verhältnisses der Pflanzen auf großen Flächen geführt hat, dann ist die mögliche Auswirkung auf das Oberbodenreservoir nicht gering. Gegenwärtig haben wir keine Möglichkeit, die Größe dieses Effekts zu messen oder auch nur zu erraten. Die aggregierte Biomasse des Oberbodens der Erde ist keine messbare Größe. Aber die Tatsache, dass der Oberboden nicht messbar ist, bedeutet nicht, dass er unwichtig ist.

Derzeit wissen wir nicht, ob der Oberboden der Vereinigten Staaten zu- oder abnimmt. Im Rest der Welt nimmt das Oberbodenreservoir aufgrund von großflächiger Entwaldung und Erosion wahrscheinlich ab. Wir wissen nicht, ob ein intelligentes Landmanagement das Wachstum des Oberbodenreservoirs um vier Milliarden Tonnen Kohlenstoff pro Jahr erhöhen könnte, die Menge, die benötigt wird, um den Anstieg des Kohlendioxids in der Atmosphäre zu

stoppen. Alles, was wir mit Sicherheit sagen können, ist, dass dies eine theoretische Möglichkeit ist und ernsthaft untersucht werden sollte.

3. Ozeane und Eiszeiten

Ein weiteres Problem, das ernst genommen werden muss, ist ein langsamer Anstieg des Meeresspiegels, der katastrophal werden könnte, wenn er sich weiter beschleunigt. Wir haben genaue Messungen des Meeresspiegels, die zweihundert Jahre zurückreichen. Wir beobachten einen stetigen Anstieg von 1800 bis zur Gegenwart, mit einer Beschleunigung in den letzten fünfzig Jahren. Es wird allgemein angenommen, dass die jüngste Beschleunigung auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist, da sie zeitlich mit dem raschen Anstieg des Kohlendioxids in der Atmosphäre zusammenfällt. Aber der Anstieg von 1800 bis 1900 war wahrscheinlich nicht auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen. Jahrhundert war das Ausmaß der industriellen Aktivitäten nicht groß genug, um messbare globale Auswirkungen zu haben. Ein großer Teil des beobachteten Meeresspiegelanstiegs muss also andere Ursachen haben. Eine mögliche Ursache ist eine langsame Neuanpassung der Erdform an das Verschwinden der nördlichen Eisschichten am Ende der Eiszeit vor zwölftausend Jahren. Eine weitere mögliche Ursache ist das großflächige Abschmelzen der Gletscher, das ebenfalls begann, lange bevor der menschliche Einfluss auf das Klima signifikant wurde. Wieder einmal haben wir es mit einer Umweltgefahr zu tun, deren Ausmaß nicht vorhergesagt werden kann, bis wir mehr über ihre Ursachen wissen, [Munk, 2002].

Die alarmierendste mögliche Ursache für den Anstieg des Meeresspiegels ist eine rasche Auflösung des westantarktischen Eisschildes, d.h. des Teils der Antarktis, in dem der Boden des Eises weit unter dem Meeresspiegel liegt. Durch die Erwärmung der Meere am Rand der Antarktis könnte die Eiskappe von unten her erodieren und in den Ozean einbrechen. Wenn sich die gesamte Westantarktis schnell auflösen würde, würde der Meeresspiegel um fünf Meter ansteigen, mit katastrophalen Auswirkungen für Milliarden von Menschen. Jüngste Messungen der Eiskappe zeigen jedoch, dass sie nicht schnell genug an Volumen verliert, um einen signifikanten Beitrag zum derzeit beobachteten Meeresspiegelanstieg zu leisten. Es scheint, dass die sich erwärmenden Meere um die Antarktis herum zu einer Zunahme des Schneefalls über der Eiskappe führen, und der vermehrte Schneefall auf der Oberseite macht die Abnahme des Eisvolumens, die durch die Erosion an den Rändern verursacht wurde, in etwa zunichte. Die gleichen Veränderungen, verstärktes Abschmelzen des Eises an den Rändern und vermehrte Schneefälle, die Eis auf der Oberseite hinzufügen, werden auch in Grönland beobachtet. Darüber hinaus gibt es eine Zunahme der Schneefälle über der ostantarktischen Eiskappe, die viel größer und kälter ist und nicht zu schmelzen droht. Dies ist eine weitere Situation, in der wir nicht wissen, wie viel der Umweltveränderungen auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist und wie viel auf langfristige natürliche Prozesse, auf die wir keinen Einfluss haben.

Eine weitere Umweltgefahr, die noch weniger verstanden wird, ist die mögliche Ankunft einer neuen Eiszeit. Eine neue Eiszeit würde bedeuten, dass die Hälfte Nordamerikas und die Hälfte Europas unter massiven Eisplatten begraben würde. Wir wissen, dass es einen natürlichen Kreislauf gibt, der seit achthunderttausend Jahren funktioniert. Die Länge des Zyklus beträgt hunderttausend Jahre. In jeder hunderttausend Jahre dauernden Periode gibt es eine Eiszeit, die etwa neunzigtausend Jahre dauert, und eine warme Zwischeneiszeit, die etwa zehntausend Jahre dauert. Wir befinden uns derzeit in einer Wärmeperiode, die vor zwölftausend Jahren begann, so dass der Beginn der nächsten Eiszeit überfällig ist. Wenn das Klima nicht durch menschliche Aktivitäten gestört würde, könnte eine neue Eiszeit bereits begonnen haben. Wir wissen nicht, wie wir die wichtigste Frage beantworten sollen: Machen unsere menschlichen Aktivitäten im Allgemeinen und unsere Verbrennung fossiler Brennstoffe im Besonderen den Beginn der nächsten Eiszeit wahrscheinlicher oder unwahrscheinlicher?

Es gibt gute Argumente auf beiden Seiten dieser Frage. Einerseits wissen wir, dass die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre während vergangener Eiszeiten viel niedriger war als in warmen Perioden, so dass man davon ausgehen kann, dass ein künstlich hoher Kohlendioxidgehalt eine beginnende Eiszeit stoppen könnte. Auf der anderen Seite hat der Ozeanograph Wallace Broecker [Broecker, 1997] argumentiert, dass das gegenwärtige warme Klima in Europa von einer Zirkulation des Ozeanwassers abhängt, wobei der Golfstrom an der Oberfläche nach Norden fließt und Wärme nach Europa bringt, während im tiefen Ozean ein Gegenstrom von kaltem Wasser nach Süden fließt. So könnte immer dann eine neue Eiszeit beginnen, wenn der kalte tiefe Gegenstrom unterbrochen wird. Der Gegenstrom könnte unterbrochen werden, wenn das Oberflächenwasser in der Arktis weniger salzig wird und nicht absinkt, und das Wasser könnte weniger salzig werden, wenn das sich erwärmende Klima die arktischen Niederschläge erhöht. So argumentiert Broecker, dass ein warmes Klima in der Arktis paradoxerweise den Beginn einer Eiszeit herbeiführen könnte. Da wir mit zwei plausiblen Argumenten konfrontiert sind, die zu entgegengesetzten Schlussfolgerungen führen, besteht die einzige rationale Antwort darin, unsere Unwissenheit zuzugeben. Solange die Ursachen der Eiszeiten nicht verstanden sind, können wir nicht wissen, ob die Zunahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre die Gefahr erhöht oder verringert.

4. Die Feuchte Sahara

Meine zweite Ketzerei befasst sich ebenfalls mit dem Klimawandel. Es geht um das Rätsel der feuchten Sahara. Das ist ein Geheimnis, das mich schon immer fasziniert hat. An vielen Orten in der Wüste Sahara, die jetzt trocken und unbewohnt sind, finden wir Felsmalereien, die Menschen mit Tierherden zeigen. Die Malereien sind reichlich vorhanden, und einige von ihnen sind von hoher künstlerischer Qualität, vergleichbar mit den berühmteren Höhlenmalereien in Frankreich und Spanien. Die Malereien in der Sahara sind

jünger als die Höhlenmalereien. Es gibt sie in verschiedenen Stilen und wurden wahrscheinlich über einen Zeitraum von mehreren tausend Jahren gemalt. Die jüngsten von ihnen zeigen ägyptische Einflüsse und könnten zeitgleich mit den frühen ägyptischen Grabmalereien entstanden sein. Henri Lhote's Buch "Die Suche nach den Tassili-Fresken" [Lhote, 1958] ist mit Reproduktionen von fünfzig der Gemälde illustriert. Die besten der Herdenbilder stammen aus der Zeit vor etwa sechstausend Jahren. Sie sind ein starker Beweis dafür, dass die Sahara zu dieser Zeit nass war. Es gab genug Regen, um die Kühe und Giraffen zu versorgen, die auf Gras und Bäumen geweidet haben müssen. Es gab auch einige Flusspferde und Elefanten. Die Sahara muss damals wie die heutige Serengeti gewesen sein.

Zur gleichen Zeit, vor etwa sechstausend Jahren, gab es in Nordeuropa Laubwälder, in denen die Bäume heute Nadelbäume sind, was beweist, dass das Klima im hohen Norden milder war als es heute ist. Es gab auch Bäume in den Bergtälern der Schweiz, die jetzt mit berühmten Gletschern gefüllt sind. Die Gletscher, die heute schrumpfen, waren vor sechstausend Jahren viel kleiner als heute. Vor sechstausend Jahren scheint die wärmste und feuchteste Periode der Zwischeneiszeit gewesen zu sein, die vor zwölftausend Jahren begann, als die letzte Eiszeit endete. Ich möchte zwei Fragen stellen. Erstens: Wenn die Zunahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre weitergehen darf, werden wir dann zu einem Klima kommen, das dem Klima vor sechstausend Jahren ähnlich ist, als die Sahara noch feucht war? Zweitens: Wenn wir zwischen dem Klima von heute mit einer trockenen Sahara und dem Klima von vor sechstausend Jahren mit einer feuchten Sahara wählen könnten, sollten wir dann das Klima von heute bevorzugen? Meine zweite Ketzerei antwortet auf die erste Frage mit Ja und auf die zweite mit Nein. Es besagt, dass das warme Klima von vor sechstausend Jahren mit der feuchten Sahara zu bevorzugen ist, und dass die Zunahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre dazu beitragen könnte, es wieder zurückzubringen. Ich sage nicht, dass diese Ketzerei wahr ist. Ich sage nur, dass es uns nicht schadet, darüber nachzudenken.

Die Biosphäre ist das komplizierteste aller Dinge, mit denen wir Menschen zu tun haben. Die Wissenschaft der planetarischen Ökologie ist noch jung und unentwickelt. Es ist nicht überraschend, dass ehrliche und gut informierte Experten sich über Fakten nicht einig sind. Aber neben der Uneinigkeit über die Fakten gibt es noch eine weitere tiefere Uneinigkeit über die Werte. Die Uneinigkeit über Werte kann allzu vereinfacht als eine Uneinigkeit zwischen Natur- und Humanisten beschrieben werden. Naturforscher glauben, dass die Natur es am besten weiß. Für sie ist der höchste Wert, die natürliche Ordnung der Dinge zu respektieren. Jede grobe Störung der natürlichen Umwelt durch den Menschen ist böse. Die übermäßige Verbrennung von fossilen Brennstoffen ist schlecht. Die Wüste der Natur, sei es die Sahara oder die Meereswüste, in ein bewirtschaftetes Ökosystem zu verwandeln, in dem Giraffen oder Thunfische gedeihen können, ist ebenfalls böse. Die Natur weiß

es am besten, und alles, was wir tun, um die Natur zu verbessern, wird nur Schwierigkeiten bringen.

Die humanistische Ethik beginnt mit der Überzeugung, dass der Mensch ein wesentlicher Bestandteil der Natur ist. Durch den menschlichen Verstand hat die Biosphäre die Fähigkeit erlangt, ihre eigene Entwicklung zu steuern, und jetzt haben wir das Sagen. Der Mensch hat das Recht und die Pflicht, die Natur so umzubauen, dass Mensch und Biosphäre überleben und gedeihen können. Für die Humanisten ist der höchste Wert das harmonische Zusammenleben von Mensch und Natur. Die größten Übel sind Armut, Unterentwicklung, Arbeitslosigkeit, Krankheit und Hunger, alles Bedingungen, die die Menschen ihrer Chancen berauben und ihre Freiheiten einschränken. Die humanistische Ethik akzeptiert eine Zunahme des Kohlendioxids in der Atmosphäre als einen kleinen Preis, wenn die weltweite industrielle Entwicklung das Elend der ärmeren Hälfte der Menschheit lindern kann. Die humanistische Ethik akzeptiert unsere Verantwortung, die Entwicklung des Planeten zu lenken.

Der schärfste Konflikt zwischen naturalistischer und humanistischer Ethik entsteht bei der Regulierung der Gentechnik. Die naturalistische Ethik verurteilt gentechnisch veränderte Nutzpflanzen und alle anderen gentechnischen Projekte, die die natürliche Ökologie stören könnten. Die humanistische Ethik freut sich auf eine nicht allzu ferne Zeit, in der gentechnisch veränderte Nahrungs- und Energiepflanzen den armen Menschen in den tropischen Ländern Reichtum bringen und uns im Übrigen Instrumente zur Kontrolle des Kohlendioxidwachstums in der Atmosphäre an die Hand geben werden. Hier muss ich meine eigene Voreingenommenheit bekennen. Da ich in England geboren und aufgewachsen bin, verbrachte ich meine prägenden Jahre in einem Land mit großer Schönheit und einer reichen Ökologie, die fast vollständig vom Menschen geschaffen wurde. Die natürliche Ökologie Englands war ein ununterbrochener und ziemlich langweiliger Wald. Der Mensch ersetzte den Wald durch eine künstliche Landschaft mit Gras- und Moorland, Feldern und Bauernhöfen mit einer viel reicheren Vielfalt an Pflanzen- und Tierarten. Erst vor kurzem, vor etwa tausend Jahren, haben wir das Kaninchen eingeführt, eine nicht einheimische Art, die einen tiefgreifenden Einfluss auf die Ökologie hatte. Kaninchen öffneten Lücken im Wald, wo jetzt blühende Pflanzen gedeihen. In England gibt es keine Wildnis, und doch gibt es viel Platz für Wildblumen und Vögel und Schmetterlinge sowie eine hohe Dichte an Menschen. Vielleicht bin ich deshalb ein Humanist.

Zum Abschluss dieses Stücks komme ich zu meiner dritten und letzten Ketzerei. Meine dritte Ketzerei besagt, dass den Vereinigten Staaten weniger als ein Jahrhundert als Spitzennation bleiben. Seit der Erfindung des modernen Nationalstaates um das Jahr 1500 haben sich eine Reihe von Ländern abwechselnd an die Spitze gestellt, zuerst Spanien, dann Frankreich, Großbritannien und Amerika. Jede Runde dauerte etwa 150 Jahre. Unseres begann 1920, es sollte also etwa 2070 enden. Der Grund dafür, dass die

Reihe der Spitzennationen zu Ende geht, ist, dass die Spitzennation militärisch, wirtschaftlich und politisch überdehnt wird. Es sind immer größere und größere Anstrengungen erforderlich, um die Position der Nummer eins zu halten. Schließlich wird die Überausdehnung so extrem, dass die Struktur zusammenbricht. Schon heute können wir in der amerikanischen Haltung einige klare Symptome einer Überstreckung erkennen. Wer wird die nächste Top-Nation sein? China ist der offensichtliche Kandidat. Danach könnte es Indien oder Brasilien sein. Wir sollten uns nicht fragen, wie wir in einer von Amerika dominierten Welt leben sollen, sondern wie wir uns auf eine Welt vorbereiten können, die nicht von Amerika dominiert wird. Das ist vielleicht das wichtigste Problem für die nächste Generation von Amerikanern, das es zu lösen gilt. Wie kann ein Volk, das sich selbst als Nummer eins betrachtet, anmutig die Nummer zwei werden?

Ich sage der nächsten Generation junger Studenten, die in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts noch leben werden, dass das Unglück auf dem Weg ist. Ihre kostbare Doktorarbeit, oder welcher Grad auch immer, den sie in langen Jahren harter Arbeit erworben haben, ist vielleicht weniger wert als sie denken. Ihre spezialisierte Ausbildung kann veraltet sein. Es kann sein, dass sie für die verfügbaren Stellen überqualifiziert sind. Sie können für überflüssig erklärt werden. Das Land und die Kultur, zu der sie gehören, können sich weit vom Mainstream entfernen. Aber diese Unglücksfälle sind auch Chancen. Es ist immer offen für sie, sich den Ketzern anzuschließen und einen anderen Weg zu finden, um ihren Lebensunterhalt zu verdienen. Ob mit oder ohne Doktorat, es gibt für sie große und wichtige Probleme zu lösen.

Ich werde nicht versuchen, die Lektionen zusammenzufassen, die meine Leser aus diesen Ketzereien lernen sollten. Die wichtigste Lektion, die ich ihnen mit auf den Weg geben möchte, ist, dass die langfristige Zukunft nicht vorherbestimmt ist. Die Zukunft liegt in ihren Händen. Die Regeln des welthistorischen Spiels ändern sich von Jahrzehnt zu Jahrzehnt auf unvorhersehbare Weise. Alle unsere modischen Sorgen und alle unsere vorherrschenden Dogmen werden wahrscheinlich in fünfzig Jahren überholt sein. Meine Ketzereien werden wahrscheinlich auch überholt sein. Es liegt an ihnen, neue Ketzereien zu finden, die uns den Weg in eine hoffnungsvollere Zukunft weisen.

5. Schlechter Rat für einen jungen Wissenschaftler

Vor sechzig Jahren, als ich ein junger und arroganter Physiker war, habe ich versucht, die Zukunft der Physik und der Biologie vorherzusagen. Meine Vorhersage war ein extremes Beispiel für Falschheit, vielleicht ein Weltrekord in der Kategorie der falschen Vorhersagen. Ich gab Francis Crick, dem großen Biologen, der 2005 nach einer langen und brillanten Karriere starb, Ratschläge für eine zukünftige Beschäftigung. Zusammen mit Jim Watson entdeckte er die Doppelhelix. Sie entdeckten 1953 die Doppelhelixstruktur der DNA und

brachten damit die neue Wissenschaft der Molekulargenetik hervor. Acht Jahre davor, 1945, vor dem Ende des Zweiten Weltkriegs, traf ich zum ersten Mal Francis Crick. Er war im Fanum House, einem düsteren Bürogebäude in London, in dem die Royal Navy einen Stab von Wissenschaftlern unterhielt. Crick hatte lange Zeit für die Königliche Marine gearbeitet und war deprimiert und entmutigt. Er sagte, er habe seine Chance verpasst, als Wissenschaftler jemals etwas zu erreichen. Vor dem 2. Weltkrieg hatte er eine vielversprechende Karriere als Physiker begonnen. Doch dann traf ihn der Krieg zur schlimmsten Zeit, beendete seine Arbeit in der Physik und hielt ihn sechs Jahre lang von der Wissenschaft fern. Die sechs besten Jahre seines Lebens, verschwendet an den Marinegeheimdienst, verloren und für immer verloren. Crick war ein guter Marineaufklärer und leistete wichtige Arbeit für die Marine. Aber der militärische Geheimdienst steht in derselben Beziehung zum Geheimdienst wie die militärische Musik zur Musik. Nach sechs Jahren dieser Art von Intelligenz war es viel zu spät für Crick, als Student noch einmal ganz von vorn anzufangen und all das wieder zu lernen, was er vergessen hatte. Kein Wunder, dass er deprimiert war. Ich verließ das Fanum House mit dem Gedanken: "Wie traurig. So ein kluger Kerl. Wäre der Krieg nicht gewesen, wäre er wahrscheinlich ein recht guter Wissenschaftler gewesen".

Ein Jahr später traf ich Crick wieder. Der Krieg war vorbei, und er war viel fröhlicher. Er sagte, er denke darüber nach, die Physik aufzugeben und als Biologe ganz neu anzufangen. Er sagte, die aufregendste Wissenschaft für die nächsten zwanzig Jahre werde in der Biologie und nicht in der Physik liegen. Ich war damals zweiundzwanzig Jahre alt und sehr selbstsicher. Ich sagte: "Nein, Sie irren sich. Auf lange Sicht wird die Biologie spannender sein, aber noch nicht. Die nächsten zwanzig Jahre werden immer noch der Physik gehören. Wenn Sie jetzt zur Biologie wechseln, werden Sie zu alt sein, um die aufregenden Dinge zu tun, wenn die Biologie endlich abhebt". Zum Glück hat er nicht auf mich gehört. Er ging nach Cambridge und begann, über die DNA nachzudenken. Er brauchte nur sieben Jahre, um mir das Gegenteil zu beweisen. Die Moral dieser Geschichte ist klar. Selbst ein kluger Zweiundzwanzigjähriger ist kein zuverlässiger Führer für die Zukunft der Wissenschaft. Und der Zweiundzwanzigjährige ist mit seinen zweiundachtzig Jahren noch weniger verlässlich geworden.

Auszug aus vielen farbigen Gläsern: Überlegungen zum Platz des Lebens im Universum (Page Barbour Lectures) von Freeman Dyson, University of Virginia Press, 2007].

- 
- 