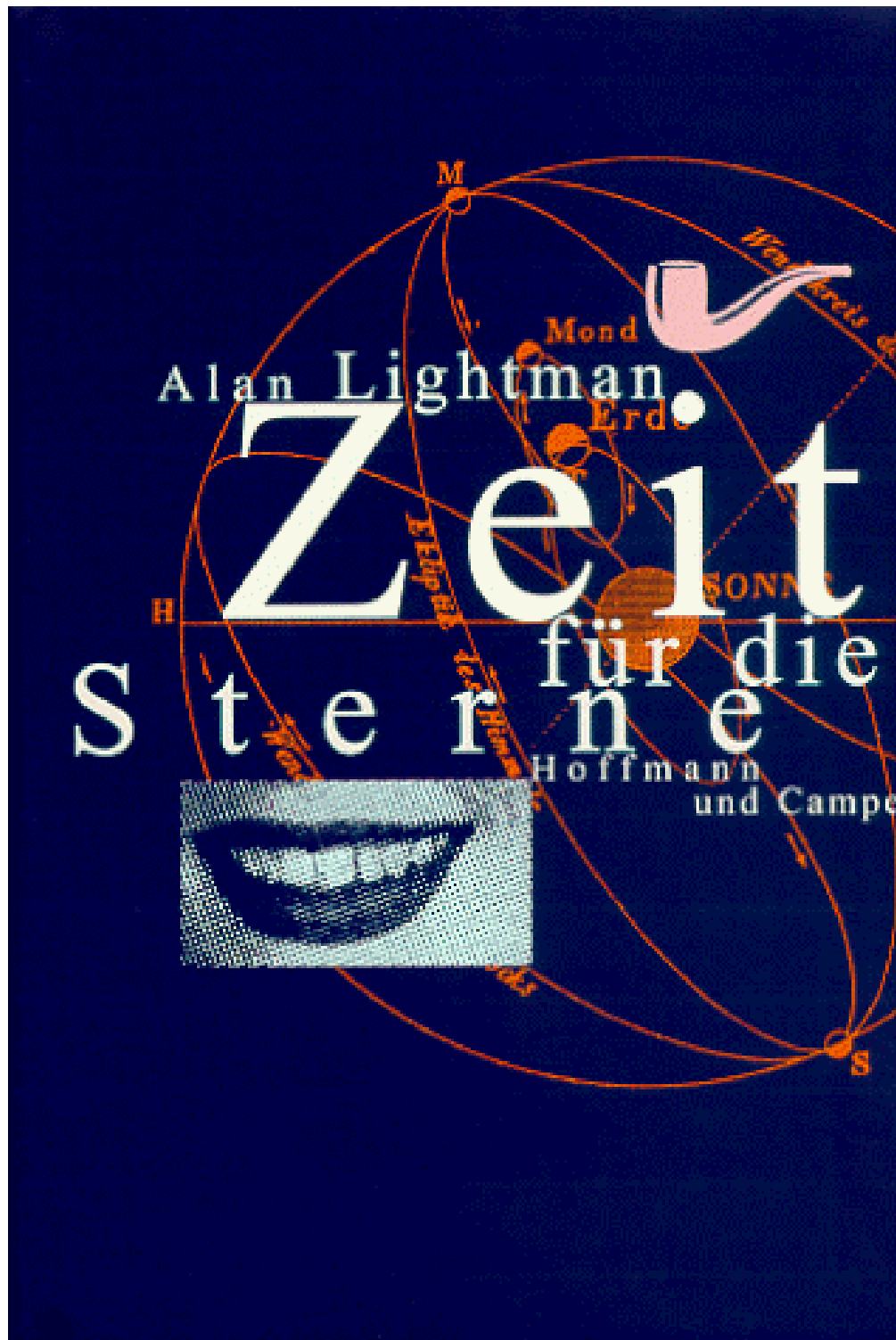


Alan Lightman
ZEIT FÜR DIE STERNE
Ausgewählte Essays



INHALT

Vorwort
Pas de deux
Ein Lichtblitz
Lächeln
Ist die Erde rund oder flach?
Wenn Vögel fliegen können, warum, warum nicht ich?
Schüler und Lehrer
Zeitreisen und die Pfeife von Papa Joe
Nach seinem Ebenbild
Fata Morgana
Ein Atom spalten
Abgelaufene Erwartungen
Ein Besuch von Herrn Newton
Ursprünge
Ein Tag im Dezember
Fortschritt
 $I = U/R$
Nichts als die Wahrheit
Zeit für die Sterne
Ein Yankee von heute vor einem Gericht von Connecticut
Der Ursprung des Universums
Wie das Kamel zu seinem Höcker kam
Eisenland
Andere Räume
Jahreszeiten

VORWORT

Die vierundzwanzig Essays, die in diese Sammlung aufgenommen wurden, stammen aus den letzten fünfzehn Jahren und sind alle schon einmal in Magazinen oder anderen Sammlungen erschienen. Dies sind die Stücke, die mich beim Wiederlesen am glücklichsten gemacht haben und es höchstwahrscheinlich auch künftig tun werden. Mit der Zeit habe ich begriffen, daß das Schreiben drei Vergnügungen bietet. Die erste ist die unübertreffliche Freude am Schreiben selbst, wenn man vollkommen allein ist,- die zweite, geselligere, kommt dann, wenn man Leser mit dem, was man geschrieben hat, bewegt; das dritte Vergnügen besteht -Jahre später und endlich wieder für sich - darin, jenen Bruchteil der eigenen Schriften, den zu bewahren sich lohnt, noch einmal zu lesen und immer wieder überrascht und dankbar zu sein. Schreiben ist überwiegend eine egoistische und selbstbezogene Tätigkeit. Und die egoistischste Form ist wohl, wie E.H. White bemerkt hat, der Essay. Hier legt der Autor öffentlich seine persönlichen Gedanken und Erlebnisse dar, so als sei jedes Hüsteln und jede kleine Beobachtung von allgemeinem Interesse. Die Idee zu meinem ersten Essay kam mir, während ich in einem bequemen Ohrensessel saß, die Pfeife meines Urgroßvaters rauchte und die uralten Aromen einsog, die lange darin geruht hatten. Wie ich es in »Zeitreisen und die Pfeife von Papa Joe« beschrieben habe, schuf die Pfeife so etwas wie Vertrautheit mit meinem Urahn, der vor meiner Geburt verstarb, und ließ mich über das Problem der Zeitreise nachgrübeln. Wichtiger war, daß sie mein Verhältnis zu meinem Vater wieder lebendig werden ließ. Er war selbst Pfeifenraucher und ein schweigsamer Mann. Jahrelang war ich im Ungewissen darüber, was mein Vater dachte, ob er zufrieden oder unglücklich war. Doch seit meiner Studienzeit hatte er mir hin und wieder eine seiner Pfeifen geschenkt und dazu eine kurze Geschichte erzählt. Einmal hatte er mir eine hellbraune Kaywoodie aus der Kriegszeit gegeben und geschildert, wie er sie, vor einer Invasion auf seinem Schiff hin und her laufend, zu rauchen pflegte. Die alte Bruyerepfeife meines Urgroßvaters mit ihren seltsamen Eingravierungen hatte jahrelang in seiner Schublade gelegen, bevor er sie mir wortlos überreichte. Ein paar Tage später schickte er mir dann ein wunderbares Foto, das ihn als kleinen Jungen zusammen mit Papa Joe zeigt, nur die beiden, Hand in Hand vor einem weißen, mit Schindeln verkleideten Haus. Mein Vater trug Knickerbocker und Papa Joe einen Hut und einen Schnurrbart, genau wie ich ihn mir nach den Aromen seiner Pfeife vorgestellt hatte. Ich schrieb meinen Essay und schickte ihn meinem Vater. Wunderbarerweise begannen wir daraufhin, in ein echtes Gespräch miteinander einzutreten. Und ich, der ich schon auf dem allerbesten Wege war, ebenso still zu werden wie mein Vater, ich entdeckte, daß ich mich durch Schreiben öffnen und Menschen erreichen konnte, an denen mir lag. Dieser erste Essay (und ein weiterer) wurde im *Smithsonian* -Magazin veröffentlicht. Dann begann ich mit einer monatlichen Kolumne für die hervorragende, aber inzwischen eingegangene Zeitschrift *Science* 80, als *Science* 80 dann Mitte der achtziger Jahre das Erscheinen einstellte, schrieb ich

für andere Zeitschriften. Der Umgang mit Zeitschriften ist für einen Anfänger ernüchternd; er ist als Autor dermaßen in sein Geschreibsel verliebt, daß er es sich Wort für Wort eingepägt hat. Der Zeitschriftenredakteur streicht oft Sätze oder ganze Absätze, um Platz zu schaffen für den nächsten Artikel oder auch nur für eine Karikatur, die zur Unterhaltung der Leser in die Seite eingefügt wird. Trotz dieser Enttäuschung schreibt der Autor weiter, aus einer unstillbaren und zwanghaften Gewohnheit.

Von Anfang an habe ich über Wissenschaft geschrieben, meine erste Leidenschaft und mein Beruf, - manchmal über die harten wissenschaftlichen Fakten, aber häufiger über das Menschliche und die schrullige, gelebte Seite der Wissenschaft. Wissenschaft war für mich der strengste und extremste Ausdruck von Ordnung in der physikalischen Welt. Doch die Sehnsucht nach dieser Ordnung und oft auch die Mittel, mit deren Hilfe sie verkündet wurde, waren menschlich, von einer eigentümlichen Ruhe im Vergleich zu der Aufgeregtheit und der rasenden Eile der Menschen weit. Wo diese beiden Welten sich berührten, bot sich offenbar ein Thema für die literarische Betätigung. Außerdem wurde ich von etwas angetrieben, das ich bei der Beobachtung meiner Kollegen erfahren hatte: Wissenschaftler machen ihre größten Entdeckungen oft genau dann, wenn sie nicht den Gleichungen, sondern ihrer Intuition folgen, also dann, wenn sie sich am wenigsten »wissenschaftlich« verhalten. Dieses Geheimnis, das Historikern bekannt ist, Wissenschaftlern aber nur selten, wurde zu dem verborgenen Faden, der sich durch meine Essays zieht. Beim Schreiben entdeckte ich die Faszination der schöpferischen Spannung zwischen Wissenschaft und Kunst, Vernunft und Instinkt. In der Vermutung, daß in der Wissenschaft eine Menge Instinkt und in der Kunst eine Menge Vernunft steckt, fragte ich befreundete Wissenschaftler, ob ihnen, wenn sie nachdachten, Bilder oder Gleichungen vorschwebten, wie weit sie in ihrer Arbeit ästhetische Kriterien anwandten und ob sie an Metaphern glaubten. Ich fragte befreundete Künstler, wie sie auf ihre Ideen kamen, wie sie Bilder ins Gleichgewicht brachten und warum sie einen Farbkleck gerade dort anbrachten, wo er sich befand. Ich kam zurück auf Einsteins provozierende Bemerkung, daß es keinen logischen Weg zu den Naturgesetzen gebe, daß man nur durch Intuition und die »freien Erfindungen des Geistes« zu ihnen gelangen könne. Konnte ein Wissenschaftler die Welt erfinden wie ein Künstler? Gab es nicht doch eine Welt, die außerhalb unseres Kopfes existiert? Menschen waren auf dem Mond gelandet und zurückgekehrt. Welche Welt war die wahre? Mit diesen Fragen beschäftigt, nahm ich eines Tages meine zweijährige Tochter zum ersten Mal mit ans Meer. Es war ein milder, etwas dunstiger Tag im Juni. Eine halbe Meile vom Wasser entfernt ließen wir den Wagen stehen und gingen auf die Küste zu. Die gesprenkelte rosa Schale eines Krebses lag auf dem Sand und fesselte ihre Aufmerksamkeit. Hundert Meter weiter hörten wir das rhythmische Brausen des Wassers, und ich merkte, daß meine Tochter neugierig wurde, woher das Geräusch kam. Ich nahm sie auf den Arm und zeigte auf das Meer. Ihre Blicke folgten meinem ausgestreckten Arm, über den Strand und dann

hinaus auf den unermeßlichen, blaugrünen Ozean. Einen Moment lang war sie unschlüssig. Ich wußte nicht, ob dieser erste Anblick der Unendlichkeit sie verwirren oder erschrecken würde. Dann begann sie zu strahlen. Es gab nichts, was ich ihr hätte sagen, nichts, was ich ihr hätte erklären müssen. Der Essay paßt sehr gut zu meiner ungeklärten Identität als Wissenschaftler und Schriftsteller. Er ist eine generöse Form des Schreibens, die dem Philosophen, dem Lehrer, dem Polemiker, dem Erzähler und dem Dichter entgegenkommt. Alles, was man braucht, ist ein erster Einfall, die Bereitschaft, sich persönlich über das Thema (oft die eigene Person) zu äußern, und die Disziplin, die Klappe zu halten, bevor aus dem Aufsatz ein Buch wird. Das Thema Wissenschaft stellt an den Essayisten besondere Anforderungen, weil die meisten Menschen etwas über Menschen lesen wollen oder wenigstens über Dinge, die mit Menschen zu tun haben. Ein Großteil der Wissenschaft ist natürlich fade und weit vom Alltag entfernt. Aus diesem Grund mag ein Essay über Medizin oder Psychologie naturgemäß fesselnder sein als einer über Chemie oder Physik. Man muß die Leser an Texte über -wissenschaftliche Themen so heranzuführen, wie M. F. K. Fisher sie an ihre Texte über kulinarische Themen heranzuführt: Welches ist die ideale Zahl von Gästen, die man zum Essen einladen sollte, und warum? Wie war das mit dem komischen Schnurrbart des Kellners, der Frau Fisher in jenem kleinen Restaurant in der Dordogne bediente? Bis sie dann auf das Essen zu sprechen kommt, von dem selbst etwas Einladendes ausgeht, ist unser Appetit bereits angeregt.

In vielen dieser Essays ist die Wissenschaft bloß ein Ausgangspunkt für die Erkundung des unbekannten Terrains menschlichen Verhaltens. Fast die Hälfte der Stücke ist teils Parabel, teils Fabel, teils Erzählung. Vom speziellen Thema abgesehen, verlangt jedes Stück einen neuen Ansatz, um den Autor ebenso angenehm zu unterhalten wie den Leser. Mit dem Essay ist es wie mit der Kurzgeschichte: Entweder zündet die Idee, oder sie zündet nicht, und wenn nicht, gehört das Ding ohne Rücksicht in den Papierkorb. Ich hoffe, ich habe alles weggeworfen, was weggeworfen gehört.

PAS DE DEUX

In sanftem blauem Licht gleitet die Ballerina über die Bühne und erhebt sich, während ihre Zehen unmerklich die Erde berühren, in die Luft. *Sauté, batterie, sauté*. Beine überkreuzen sich flatternd, Anne breiten sich zu einem offenen Bogen. Die Ballerina weiß, daß sie eine gute Aufführung am einfachsten dadurch minieren kann, daß sie allzu sehr darüber nachdenkt, was ihr Körper macht. Lieber vertraut sie auf Jahre des täglichen Übens, auf das, was die Muskeln selbst über Kraft und Gleichgewicht wissen.

Während sie tanzt, spielt die Natur ihren Part, untadelig und mit absoluter Verlässlichkeit. Wenn die Ballerina auf der Fußspitze steht, ist ihr Gewicht exakt durch den Schub des Bodens gegen ihren Schuh aufgewogen, werden die Moleküle, die miteinander in Kontakt sind, genau um den richtigen Betrag gequetscht, um der Kraft mit gleicher Kraft zu begegnen. Schwerkraft im Gleichgewicht mit Elektrizität.

Vom Mittelpunkt der Erde verläuft eine unsichtbare Linie durch den Berührungspunkt der Ballerina und weiter hinauf. Falls ihr eigener Mittelpunkt um einen Zentimeter von dieser Linie abweicht, werden gravitationale Drehmomente sie ins Wanken bringen. Sie hat keine Ahnung von Mechanik, aber sie kann minutenlang auf ihren Zehen schweben, und ihr Körper nimmt unablässig die winzigen Korrekturbewegungen vor, die eine enge Vertrautheit mit Drehmoment und Trägheit verraten. Die Schwerkraft hat die elegante Eigenschaft, alles gleichmäßig zu beschleunigen. Dadurch werden Astronauten schwerelos, wenn sie auf genau denselben Bahnen wie ihre Raumschiffe die Erde umkreisen und folglich in ihnen zu schweben scheinen. Einstein verstand das besser als irgend jemand und beschrieb die Schwerkraft mit einer Theorie, die mehr Geometrie als Physik, mehr Kurven als Kräfte enthielt. Die leichthin in die Höhe springende Ballerina schwebt für einen Augenblick schwerelos inmitten von Blumen, die sie in der Luft losgelassen hat und die alle auf derselben Bahn fallen. Jetzt setzt sie zu einer Pirouette an. Sie stellt das rechte Bein nach hinten in die vierte Position, stößt sich ab, die Arme helfen mit, die Drehung zu beschleunigen. Bevor sie das Gleichgewicht verliert, schafft sie vier Umdrehungen. Tänzer, auf halber Spitze und mit einer genaueren Kontaktfläche, schaffen manchmal sechs oder acht. Die Ballerina fängt sich wieder, gibt ihren Drall geschickt der Erde zurück und denkt daran, lächelnd in der fünften Position zu landen. Kurz kommen ihre Füße zur Ruhe, gefangen zwischen dem Ablauf der Drehung und der Reibung des Bodens. Reibung ist wichtig. Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen Bewegung, solange nicht äußere Kräfte auf ihn einwirken. Jede Aktion erzwingt eine Reaktion. Die Ballerina verläßt sich auf die Konstanz der physikalischen Gesetze, obwohl sie selbst ein wenig unvorhersehbar ist. In der gestrigen Vorstellung hat sie bei ihrer ersten Pirouette nur dreieinhalb Umdrehungen geschafft und dann die Arabesque ein paar Fuß von der Stelle entfernt ausgeführt, an der sie es jetzt tut. Ungeachtet dieser Abweichungen müssen die Atome im Boden ohne Rücksicht auf die Stelle, an der die Ballerina ihn berührt, innerhalb

einer Millisekunde bereit sein, mit zuverlässiger Genauigkeit zu reagieren. Die Newtonschen Gesetze, die Coulombsche Kraft und die Ladung der Elektronen müssen Abend für Abend identisch sein, sonst wird die Ballerina die Elastizität des Bodens oder das erforderliche Trägheitsmoment falsch einschätzen. Ihre Kunst ist schöner in ihrer Ungewißheit. Die Kunst der Natur liegt in ihrer Gewißheit. Die Ballerina nimmt eine Pose nach der anderen ein, jede fragil und symmetrisch. In der Physik der Festkörper findet man Kristallstrukturen, die nach Drehungen um eine Hälfte, ein Drittel, ein Viertel und ein Sechstel eines Kreises identisch erscheinen. Kristalle mit Fünftel- oder Siebtel-Symmetrien kommen nicht vor, weil der Raum nicht mit benachbarten Fünf- oder Siebenecks ausgefüllt werden kann. Die Ballerina zeigt eine Reihe von natürlichen Formen. Sie ist zunächst ätherisch, dann lyrisch. Jahrelang hat sie sich bemüht, einen persönlichen Stil zu entwickeln, ausgeschmückt mit Fragmenten von den großen Tänzerinnen. Während sie tanzt, verfolgt die Natur im Spiegel mühelos ihren eigenen Stil. Er ist das Höchste in klassischer Technik, unverändert seit dem Beginn des Universums. Zum Abschluß macht die Ballerina ein *demi-plié* und springt zwei Fuß hoch. Ihren Impuls ausgleichend, reagiert die Erde mit ihrem eigenen *sauté* und ändert ihre Bahn um ein Zehntillionstel der Größe eines Atoms. Keiner bemerkt es, aber es stimmt genau.

EIN LICHTBLITZ

Mein ernsthaftes Interesse für Physik begann in meinem ersten Studienjahr. Selbstgefällig verkündete damals im Speisesaal ein Student im höheren Semester, er könne allein auf Grund der Mechanik vorhersagen, wo man eine Billardkugel treffen müsse, damit sie rollt, ohne zu rutschen. Ich war mächtig beeindruckt und kam zu dem Schluß, daß dieses Thema eine genauere Hinwendung lohne

Wissenschaftler zerfallen, was mir damals freilich nicht klar war, generell in zwei Lager, Theoretiker und Experimentatoren. Die Begriffsmenschen und die Bastler. Besonders in den Naturwissenschaften ist der Unterschied sofort erkennbar. Seitdem habe ich beobachten können, daß die Experimentatoren (speziell die männlichen Geschlechts) zusätzlich zu ihren Fähigkeiten im Labor die Gabe besitzen, Dinge im Haus zu reparieren, über das Geschehen unter der Motorhaube eines Autos Bescheid wissen und eine besondere Anziehung auf das andere Geschlecht ausüben. Theoretiker halten sich an das, was sie können, wie zum Beispiel, sich stundenlang mit einem überwiegend unbeschriebenen Blatt Papier zu befassen und beim Mittagessen Schachprobleme zu diskutieren. Irgendwann während des Studiums beginnt ein angehender Wissenschaftler entweder aufgrund der Gene oder durch Zufall, in die eine oder andere Richtung zu treiben. Von diesem Zeitpunkt an geht alles seinen geregelten Gang.

Mein Weg klärte sich im vorletzten Studienjahr. Der Physik-Fachbereich hatte sich aus irgendeinem Grund in den Kopf gesetzt, daß wir Studenten praktische Kenntnisse in unserem Fach besitzen sollten. Deshalb wurde uns nachdrücklich ein nicht benoteter Elektronik-Kurs empfohlen, der im Herbst jenes Jahres beginnen sollte. Die meisten meiner Kollegen stürzten sich auf diese Gelegenheit, Das galt speziell für jene, die in Theorie wackelig standen und von denen man so geistreiche Bemerkungen hören konnte wie: »Das wird die Männer von den Jungs trennen.« (An meinem College waren damals nur Männer.) Mir schwante nichts Gutes, aber ich gehörte nicht zu denen, die vor Schwierigkeiten kneifen. Ich meldete mich an.

Dieser Elektronik-Kurs war etwas völlig anderes als die gewohnten Labor-Übungen, die sich an die meisten Kurse anschlossen. Bei den letzteren mußte man dauernd etwas messen, obwohl man ganz genau wußte, was herauskommen sollte. Ich erinnere mich an ein Experiment zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. Die Vorrichtung bestand aus zwei Spiegeln, einem festen und einem, der sich schnell drehte. Zwischen den beiden Spiegeln hin und her wandernd, würde das Licht auf seinem Rückweg durch die Drehung des beweglichen Spiegels ein wenig abgelenkt werden, und aus der Stärke der Ablenkung ließ sich die Lichtgeschwindigkeit ableiten. Man konnte die Lichtgeschwindigkeit natürlich auch in jedem Buch nachschlagen. Wenn der eigene Meßwert danebenlag, konnte man den Spiegeln ein bißchen nachhelfen und es noch mal probieren. Mit entsprechendem Durchhaltevermögen kam man schließlich zu dem gewünschten Resultat, und dann wurde alles sorgfältig protokolliert, das Experiment für gelungen erklärt, und man schritt aus dem

Labor auf der Suche nach anderen zu bezwingenden Bergen.

Dieses Elektronik-Projekt war jedoch etwas anderes. Jeder von uns bekam einen großen Vorrat an Transistoren, Kondensatoren usw. sowie eine Beschreibung dessen, was das herzustellende Ding am Ende tun sollte, und durfte loslegen. Wenn ich mich recht erinnere, war als Ziel meines Geräts angegeben, daß es einige Sekunden lang aufleuchten sollte, wenn ihm reine Töne oberhalb des mittleren C dargeboten wurden, ansonsten aber in einem Zustand der Erstarrung zu verharren. (Mit dem Zustand der Erstarrung hatte ich keine Probleme.) Um uns mit den Grundbegriffen vertraut zu machen, erhielten wir ein Lehrbuch mit dem Titel *Basic Electronics for Scientists*, in dem ich sofort einen freundlichen Verbündeten erkannte, ich schleppte es monatelang überall mit mir herum und studierte es eifrig bis tief in die Nacht hinein, auf Kosten meines Schlafes und des meines Zimmergenossen.

Die nächsten Monate waren ein Elend. Ich stellte fest, daß das, was im Buch funktionierte, nicht unbedingt auch auf dem Labortisch klappte, jedenfalls nicht unter meiner Aufsicht. Ich hinkte diesbezüglich weit hinter den meisten meiner Kurskollegen her. Wenn sie die Wellenlinie eines Oszilloskops betrachteten, wußten sie damit etwas anzufangen, und sie wußten, wie sie ihre Schaltungen arrangieren mußten, um zu den gewünschten Ergebnissen zu gelangen. Ich wünschte mir so sehr, daß mein Projekt gelänge. Ich kam jedoch nicht dahinter, wie man die Dinge zum Laufen bringt. Ich konnte Gedichte schreiben, ich konnte »Clair de Lune« auf dem Klavier spielen, und ich redete gern über Ideen. Aber ich schaffte es nicht, daß die Dinge klappten. In jenem Semester landete durch ein seltsames Versehen der Post eines Tages ein Katalog für einen Heimkurs in Elektronik in meinem Postfach. Normalerweise werfe ich solche Dinge fort. Doch dieser Katalog erschien mir damals wie ein Wink der Vorsehung. Ich nahm das Ding unauffällig mit auf meine Wohnheimbude und fing an zu lesen. Auf der Vorderseite wurde verkündet, daß man ohne jegliche Vorbildung oder Fähigkeit innerhalb von sechs Wochen imstande sein würde, funktionierende Schaltungen zu entwerfen, defekte Fernseher zu reparieren und sich der Elektronikindustrie als eine Kraft zu präsentieren, mit der gerechnet werden mußte. Abgedruckt waren ein paar Musterdiagramme, einige Abbildungen von unverwüstlich erscheinenden Geräten und begeisterte Dankschreiben von erfolgreichen Absolventen. Was meine Aufmerksamkeit fesselte, war die Vertragsbestimmung, daß man während des Kurses detaillierte Zeichnungen eines selbstentworfenen elektrischen Projekts einschicken konnte und dann umgehend und genau darüber informiert werden würde, ob das Ding wirklich funktionieren würde. Dieser letzte Punkt wurde uneingeschränkt garantiert. Fernseher zu reparieren interessierte mich nicht sonderlich, aber die Aussicht, ein narrensicheres Urteil über mein sich dahinqualendes elektrisches Vorhaben zu erhalten, war nicht zu verachten.

Ich meldete mich unverzüglich zu diesem Elektronik-Fernkurs an. Die Gebühr betrug 200 Dollar, und man mußte selbst die Teile beschaffen, die mir reichlich zur Verfügung standen. Ich gedachte, heimlich eine Reihe von

Zwischenentwürfen für mein Studienprojekt einzuschicken, bis einer von ihnen das Siegel der Anerkennung erhalten würde. Dann würde ich in das Physiklabor hineinstolzieren und den Apparat sofort zusammenbauen. Meine Kollegen fanden sich unterdessen täglich im Labor ein und testeten mühsam jeden kleinen Schritt des ihnen zugewiesenen Projekts. Die Methode hatte ich schon ohne Erfolg ausprobiert. Es war für mich eine große Erleichterung, daß ich nun all die vorläufigen Niederlagen insgeheim durchleiden konnte, ohne mich vor den anderen zu demütigen.

Schließlich erhielt einer meiner Entwürfe die Bestätigung. Die letzten paar Tage vor dem Abgabetermin verbrachte ich im Labor damit, in aller Seelenruhe die einzelnen Teile an den bestätigten Stellen anzulöten. Meine Kurskollegen beobachteten meinen wundersamen Fortschritt mit jenem Respekt, der nie in Worte gefaßt wird. Wir waren alle gleich, und ich genoß meine Befriedigung, ich hatte jedoch nicht den Mut, das Gerät einem Probelauf zu unterziehen.

Die Beurteilungen der Projekte wurden an einem Tag im Dezember von einem äußerst tüchtigen Mitglied der Fakultät namens Professor Pollock verkündet.

Pollock war schweigsam, aber er war ein anständiger Mensch. Er war stellenweise kahl, trug, wie ich ihn in Erinnerung habe, eine Brille mit dicken Gläsern und hielt seinen Kopf gewöhnlich so tief gesenkt, daß man nicht seine Augen sah. Wenn etwas, was man sagte oder machte, ihn amüsierte, blickte er kurz auf und grinste, ohne auch nur der leisesten Ton hervorzubringen und ohne im geringsten mit dem Kopf zu zucken. Pollock war einer, der die Dinge zum Laufen brachte. Er hatte große Hände. Er hatte Zyklotrone gebaut.

An jenem Tag im Labor standen die verschiedenen Projekte und Studenten in Habachtstellung, wie Hunde und ihre Herren in einer Hundeschau. Als die Reihe an mich kam, meinen Liebling auf Herz und Nieren zu prüfen, spielte ich ihm einen Ton vor - ich weiß heute nicht mehr, ob oberhalb oder unterhalb des mittleren C -, und er antwortete mit einem einzigen blendenden Lichtblitz, gefolgt von dem unverkennbaren Geruch eines elektrischen Brandes. Der losgehende Blitz wirkte wie ein Schuß aus der Schrotflinte, und ich duckte mich instinktiv, um Deckung zu suchen. Es war ein Wunder, daß niemand verletzt wurde. Pollock stand da und grinste länger als gewöhnlich.

Im darauffolgenden Sommer spazierten Armstrong und Aldrin auf dem Mond herum. Als ich sie im Haus meiner Eltern im Fernsehen sah, empfand ich riesigen Respekt vor den Teilen, die funktioniert hatten, um sie dort hinaufzubringen: der Raketentreibstoff, die Computer, die Raumanzüge. Und ich war voller Bewunderung für die Leute, die hinter alldem standen, Leute, die mit ihren Händen etwas zuwege brachten. Pollock mag einer von ihnen gewesen sein, und zweifellos würden die geschickten Studenten aus meinem Physikjahrgang in Zukunft an ähnlichen Dingen arbeiten. Mir kam jedoch in den Sinn, daß auch wir Theoretiker nötig waren, um sicherzustellen, daß der Mond zu dem Zeitpunkt, als die Astronauten da waren, auch an der richtigen Stelle war. Es gibt Begriffsmenschen und Bastler, und ich war nicht unglücklich darüber, daß ich herausgefunden hatte, wohin ich gehörte.

LÄCHELN

Es ist ein Samstag im März. Der Mann wird langsam wach, langt hinüber, betastet die Fensterscheibe und kommt zu dem Schluß, daß es warm genug ist, um die Thermounterwäsche im Schrank zu lassen. Er gähnt und zieht sich an und geht hinaus zu seinem morgendlichen Jogging. Als er zurückkommt, duscht er, bereitet sich ein Rührei und macht es sich dann mit den *Essays of E. B. White* auf dem Sofa gemütlich. Gegen Mittag fährt er mit seinem Fahrrad zum Buchladen. Dort bringt er einige Stunden damit zu, in Büchern herumzustöbern. Dann radelt er zurück durch die kleine Stadt, an seinem Haus vorbei und zum See. Als die Frau an diesem Morgen aufwachte, stand sie auf und ging gleich an ihre Staffelei, wo sie zu ihren Pastellfarben griff und an ihrem Bild zu arbeiten begann. Nach einer Stunde ist sie mit der Lichtwirkung zufrieden und hört auf, um zu frühstücken. Sie zieht sich rasch an und geht zu einem Geschäft in der Nähe, um einen Rolladen für ihr Badezimmer zu kaufen. In dem Geschäft trifft sie Freunde und ißt mit ihnen zu Mittag. Danach möchte sie allein sein und fährt zum See.

Jetzt stehen der Mann und die Frau auf dem hölzernen Anleger und starren auf den See und die Wellen auf dem Wasser hinaus. Sie haben einander nicht bemerkt. Der Mann dreht sich um. Und so beginnt die Folge von Ereignissen, die ihn über sie informiert. Licht, das von ihrem Körper reflektiert wurde, dringt augenblicklich in die Pupillen seiner Augen ein, in einer Menge von zehn Billionen Lichtteilchen pro Sekunde. Nachdem es die Pupille des Auges passiert hat, durchquert das Licht eine ovale Linse, dann eine durchlässige, gallertartige Substanz, die den Augapfel ausfüllt, und landet auf der Netzhaut. Hier wird es von hundert Millionen Zellen, Stäbchen und Zapfen, aufgefangen.

Zellen, die sich in der Bahn reflektierter Glanzpunkte befinden, erhalten sehr viel Licht, Zellen, die in den schattigen Bereichen der reflektierten Szene liegen, erhalten sehr wenig. Gerade jetzt schimmern zum Beispiel die Lippen der Frau im Sonnenlicht und reflektieren Licht von hoher Intensität auf einen winzigen Fleck von Zellen etwas nordöstlich vom rückwärtigen Mittelpunkt der Netzhaut des Mannes. Die scharfen Partien um ihrer Mund sind dagegen ziemlich dunkel, so daß Zellen in der Nähe des nordöstlichen Flecks sehr viel weniger Licht erhalten.

Das Lichtteilchen beendet seine Reise im Auge, wenn es auf ein Retinin - Molekül trifft, das aus 20 Kohlenstoffatomen, 28 Wasserstoffatomen und 1 Sauerstoffatom besteht. Im Ruhezustand ist ein Retinin-Molekül an ein Proteinmolekül gebunden und weist zwischen dem elften und dem fünfzehnten Kohlenstoffatom eine Krümmung auf. Doch wenn Licht darauf fällt, wie es jetzt in jeder Sekunde bei 30000 Billionen Retinin-Molekülen der Fall ist, wird das Molekül gerade und trennt sich von seinem Protein. Nach mehreren Zwischenschritten legt es sich wieder krumm und wartet auf das Eintreffen eines neuen Lichtteilchens. Seit der Mann die Frau gesehen hat, ist weit weniger als eine tausendstel Sekunde vergangen.

Angestoßen vom Tanz der Retinin-Moleküle, reagieren die Nervenzellen oder Neurone. Zuerst im Auge und dann im Gehirn. Ein Neuron ist zum Beispiel gerade in Aktion getreten. Botenmoleküle an seiner Oberfläche ändern plötzlich ihre Form und blockieren den Fluß von positiv geladenen Natriumatomen aus der umgehenden Körperflüssigkeit. Diese Änderung im Fluß elektrisch geladener Atome erzeugt eine Spannungsänderung, die sich durch die Zelle fortpflanzt. Nach einer Strecke von einem Bruchteil eines Zentimeters erreicht das elektrische Signal das Ende des Neurons, wo es die Ausschüttung bestimmter Moleküle beeinflusst, die über eine Strecke von einem Hunderttausendstel eines Zentimeters wandern, bis sie auf das nächste Neuron treffen und die Nachricht weitergeben.

Jetzt legt die Frau ihre Hände in die Seiten und neigt ihren Kopf um fünfeinhalb Grad. Ihr Haar fällt direkt auf ihre Schultern. Diese Information und vieles mehr wird aufs genaueste in den elektrischen Pulsen in den Neuronen der Augen des Mannes verschlüsselt. In nochmals einigen tausendstel Sekunden erreichen die elektrischen Signale die Ganglienzellen, die sich hinter dem Auge zum Sehnerv bündeln und ihre Daten zum Gehirn befördern. Hier rasen die Impulse zur primären Sehrinde, einer stark gefalteten Gewebeschicht, die etwa zweieinhalb Millimeter dick ist und dreizehn Quadratzentimeter groß ist und in einem halben Dutzend Schichten hundert Millionen Neurone enthält. Die vierte Schicht erhält den Input zuerst, nimmt eine vorläufige Analyse vor und gibt die Information an Neurone in anderen Schichten weiter. Ein Neuron kann in jedem Stadium Signale von tausend anderen Neuronen empfangen, die Signale, von denen einige sich gegenseitig aufheben, miteinander verknüpfen und das berechnete Ergebnis an über tausend andere Neurone aussenden.

Nach etwa dreißig Sekunden - nachdem mehrere hundert Billionen Teilchen reflektierten Lichts in die Augen des Mannes gedrungen und verarbeitet worden sind — sagt die Frau hallo. Sofort werden Luftmoleküle zusammengepreßt, dann auseinandergezogen, dann wieder zusammengepreßt, beginnend in ihren Stimmbändern und sich in einer sprunghederartigen Bewegung zu den Ohren des Mannes fortpflanzend. Der Schall legt die Strecke von ihr zu ihm (sechs Meter) in einer fünfzigstel Sekunde zurück.

In den beiden Ohren überwindet die schwingende Luft rasch die Strecke bis zum Trommelfell. Das Trommelfell, eine ovale Membran mit einem Durchmesser von rund 8 Millimetern und einer Neigung von 55 Grad gegen den Boden des Gehörgangs, beginnt seinerseits zu zittern und überträgt seine Bewegung auf drei winzige Knochen. Von dort aus erschüttern die Schwingungen die Flüssigkeit in der Schnecke (Cochlea), die in eine schneckenartige Spirale von zweieinhalb Windungen ausläuft.

In der Schnecke werden die Töne dechiffriert. Hier wellt sich eine hauchdünne Membran im Gleichschritt mit der heranschwappenden Flüssigkeit, und durch diese Basiliarmembran verlaufen winzige Filamente von unterschiedlicher Dicke wie die Saiten einer Harfe. Das Hallo der Frau beginnt in den unteren Registern und steigt dann zum Ende hin in der Tonhöhe, exakt darauf reagierend,

schwingen die dicken Filamente in der Basiliarmembran zuerst, gefolgt von den dünneren. Schließlich geben Zehntausende von stäbchenförmigen Körpern, die der Basillarmembran aufgelagert sind, ihre spezifischen Erschütterungen an den Hörnerv weiter. Die Meldung über das Hallo der Frau rast den Hörnerv entlang und dringt durch den Thalamus ins Gehirn des Mannes, zu einer spezialisierten Region der Großhirnrinde, wo sie weiterverarbeitet wird. Schließlich wird ein erheblicher Teil der Billionen Neurone im Gehirn des Mannes mit der Berechnung der soeben eingegangenen visuellen und auditorischen Daten befaßt. Natrium- und Kalium-Tore öffnen und schließen sich. Elektrische Ströme wandern an Nervenfasern entlang. Moleküle strömen von einer Nervenendigung zur nächsten. Das alles ist bekannt. Nicht bekannt ist, warum der Mann nach etwa einer Minute zu der Frau hinübergeht und lächelt.

IST DIE ERDE RUND ODER FLACH?

Ich denke, daß kaum einer unter uns persönlich überprüft hat, ob die Erde rund ist. Der vielsagende Globus, der im Arbeitszimmer steht, und die Apollo-Fotos zählen nicht. Es sind Beweise aus zweiter Hand, die vor Gericht vermutlich keinen Bestand hätten. Wenn man es recht bedenkt, glauben wir - die meisten jedenfalls - einfach, was wir hören. Egal, ob nun rund oder flach. Es ist keine Frage auf Leben und Tod, es sei denn, Sie wohnen zufällig in der Nähe des Randes. Vor einigen Jahren wurde mir zu meinem Entsetzen plötzlich bewußt, daß ich nicht mit Gewißheit wußte, ob die Erde rund oder flach ist. Ich habe Wissenschaftskollegen, Geodäten genannt, deren einzige Beschäftigung darin besteht, die genaue Form der Erde dadurch zu bestimmen, daß sie die von *anderen* vorgenommenen Messungen der exakten Lage von Meßpunkten auf der Oberfläche der Erde in passende mathematische Formeln fassen. Und ich glaube, diese Leute wissen es im Grunde auch nicht. Aristoteles ist in der schriftlich belegten Geschichte der erste, der bewiesen hat, daß die Erde rund ist. Er benutzte verschiedene Argumente, höchstwahrscheinlich, weil er ebenso sehr sich selbst wie andere überzeugen mußte. Neunzehn Jahrhunderte lang haben viele Leute alles geglaubt, was Aristoteles gesagt hat. Sein erster Beweis bestand darin, daß der bei einer Mondfinsternis auf den Mond fallende Schatten der Erde stets kreisförmig begrenzt ist, ein Segment eines Kreises. Hätte die Erde eine andere als die Kugelgestalt, würde der von ihr geworfene Schatten in gewissen Orientierungen nicht kreisförmig sein (Daß die normalen Phasen des Mondes sichelförmig sind, zeigt, daß der Mond rund ist.) Ich finde dieses Argument wunderbar ansprechend. Es ist einfach und direkt. Was noch wichtiger ist: Ein neugieriger und mißtrauischer Mensch kann das Experiment ohne besonderes Gerät allein erledigen. Von jedem Punkt der Erde aus kann man ungefähr einmal im Jahr eine Mondfinsternis beobachten. Man braucht nur in der richtigen Nacht hinaufzuschauen und genau beobachten, was passiert. Ich habe es nie getan.

Aristoteles' zweiter Beweis bestand darin, daß die Sterne für Leute im Osten früher auf- und untergehen als für Leute im Westen. Wäre die Erde in Ost-West-Richtung flach, würden die Sterne für Abendländer genauso früh aufgehen wie für Morgenländer. Mit ein bißchen Geschreibsel auf einem Blatt Papier läßt sich leicht zeigen, daß aus diesen Beobachtungen eine runde Erde folgt, gleichgültig, ob sich nun die Erde um die Sterne dreht oder ob die Sterne die Erde umkreisen. Schließlich sehen Reisende, die sich nach Norden begeben, über dem nördlichen Horizont Sterne auftauchen, die zuvor nicht zu sehen waren, woraus folgt, daß die Erde in Nord-Süd-Richtung gekrümmt ist. Um dieses Argument gelten zu lassen, müssen Sie sich freilich auf die Angaben etlicher Freunde an unterschiedlichen Orten verlassen oder bereit sein, selbst ein wenig zu reisen. Aristoteles' letztes Argument war ein rein theoretisches, ja sogar philosophisches. Wäre die Erde einst aus kleineren Teilen entstanden (oder *hätte* sie auf diese Weise entstehen können), so wären die Teile auf einen gemeinsamen Mittelpunkt zugestürzt und hätten auf diese Weise eine Kugel

ergeben. Eine Kugel ist außerdem der vollkommenste mathematische Körper. Bemerkenswert ist, daß Aristoteles diesem letzten Argument ebenso viel Gewicht beimaß wie den beiden ersten. Damals, vor der Entwicklung der modernen »wissenschaftlichen Methode«, bedurfte man zur Erforschung der Realität nicht der Bestätigung durch Beobachtungen. Gesetzt, die Erde sei rund, so war der erste, der genau ihren Umfang maß, ein weiterer Grieche, nämlich Eratosthenes (276-195 v. Chr.). Er bemerkte, daß das Sonnenlicht am ersten Sommertag in Syene in Ägypten (dem heutigen Assuan) den Grund eines senkrechten Brunnens erreichte, ein Zeichen, daß die Sonne senkrecht über diesem Ort stand. In Alexandria, das 5000 Stadien entfernt war, bildete die Sonne mit der Senkrechten einen Winkel, der $\frac{1}{50}$ eines Kreises entsprach. (Ein Stadion entsprach etwa 160 Metern.) Da die Sonne so weit weg ist, treffen ihre Strahlen fast parallel bei uns ein. Zeichnet man vom Mittelpunkt eines Kreises aus zwei Radien bis zur Peripherie, wo die Radien zu lokalen Senkrechten werden, so sieht man, daß ein Sonnenstrahl, der parallel zu dem einen Radius (in Syene) eintrifft, bei dem anderen (in Alexandria) einen Winkel bildet, der dem Winkel zwischen den beiden Radien gleich ist. Eratosthenes folgerte daraus, daß der Gesamtumfang der Erde 50×5000 Stadien beträgt, also rund 40 000 Kilometer. Diese Berechnung weicht um weniger als ein Prozent vom besten heutigen Wert ab. Seit mindestens 600 Jahren glauben gebildete Leute, daß die Erde rund ist. An fast allen Universitäten des Mittelalters wurde das Quadrivium gelehrt, bestehend aus den Fächern Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie. Der astronomische Teil stützte sich auf den *Tractatus de Sphaera Mundi*, ein 1472 im italienischen Ferrara erschienenenes weitverbreitetes Lehrbuch, das von Johannes de Sacrobosco stammte, einem Mathematiker und Astronomen des 13. Jahrhunderts, der in Oxford studiert hatte. Einige der astronomischen Behauptungen der *Sphaera* werden durch Diagramme mit beweglichen Teilen bewiesen, eine anschauliche Demonstration von Aristoteles' zweitem Beweisverfahren. Die runde Erde als der selbstverständliche Mittelpunkt des Universums bietet einen feststehenden Angelpunkt für das Ganze. Die ausgeschnittenen Figuren der Sonne, des Mondes und der Sterne kreisen um die Erde. Bis zum Jahr 1500 waren vierundzwanzig Auflagen der *Sphaera* erschienen. Daß viele Menschen *glaubten*, daß die Erde rund sei, steht außer Frage. Ich (frage mich allerdings, wie viele es *wußten*. Columbus und Magellan hatten doch vermutlich den Wunsch, sich der Tatsachen zu vergewissern, bevor sie lossegelten. Um meine Ehre als Wissenschaftler zu wahren - denn ein Wissenschaftler soll ja nichts als gegeben ansehen-, begab ich mich mit meiner Frau auf einen Segeltörn zwischen den griechischen Inseln. Meine Überlegung war, daß ich auf See imstande sein würde, in aller Ruhe zu beobachten, wie Landmassen hinter der Krümmung der Erde verschwinden, und mich so aus erster Hand zu überzeugen, daß die Erde rund ist. Griechenland schien für mein Experiment ein besonders befriedigender Ort zu sein. Ich spürte, wie die großen Denker der Antike meinem Vorhaben

wohlwollend zuschauen, und die Landschaft ist wie dafür geschaffen. Die Insel Hydra erhebt sich rund 600 Meter über den Meeresspiegel. Wenn die Erde, wie behauptet wird, einen Radius von 6400 Kilometern hat, dann müßte Hydra aus einer Entfernung von etwa 80 Kilometern hinter dem Horizont zu versinken scheinen, etwas weniger als die Entfernung zwischen Hydra und Kea, die wir mit dem Boot zurücklegen wollten. Die Theorie war gut fundiert und beruhigend. Allerwenigstens, dachte ich, würden wir einen angenehmen Urlaub haben. Das war dann aber auch alles, was wir erreichten. Alle Tage waren dunstig. Die Inseln verschwanden schon in einer Entfernung von nur 13 Kilometern aus dem Blickfeld, wenn das Land sich noch um einige Grad über den Horizont erhob. Ich lernte, wieviel Wasserdampf in der Luft war, aber nichts über die Krümmung der Erde. Ich habe den Verdacht, daß wir eine ganze Menge Dinge gutgläubig annehmen, sogar wichtige Dinge, sogar Dinge, die wir ohne große Mühe verifizieren könnten. Ist das Gas, das wir ausatmen, dasselbe wie das Gas, das wir einatmen? (Verbrennen wir, wie behauptet wird, tatsächlich Sauerstoff in unserem Stoffwechsel?) Woraus setzt sich unser Blut zusammen? (Enthält es tatsächlich rote und weiße »Zellen«?) Diese Fragen ließen sich mit Hilfe eines Ballons, einer Kerze und eines Mikroskops beantworten. Wenn wir uns dann zu einem Experiment entschlossen haben, freuen wir uns über das so gewonnene Wissen. Irgendwann hat jeder von uns etwas für sich in Erfahrung gebracht, von Grund auf, ohne sich auf fremde Zusicherungen zu verlassen. Es liegt eine besondere Befriedigung und Freude darin, daß man jemandem etwas erklären kann, was man sich von Grund auf erarbeitet hat, worüber man wirklich Bescheid weiß. Ich glaube, daß diese Freude ein mächtiger Antrieb ist, warum Leute Wissenschaft betreiben.

Eines nicht zu fernen Tages werde ich den Schatten der Erde bei einer Mondfinsternis zu fassen kriegen oder bei klarer Sicht in See stechen und genau herausfinden, ob die Erde rund oder flach ist. Tatsächlich soll die Erde ja an den Polen abgeplattet sein, weil sie sich dreht. Aber das ist eine andere Geschichte.

WENN VÖGEL FLIEGEN KÖNNEN, WARUM, WARUM NICHT ICH?

Die physischen Möglichkeiten der Menschen sind stark durch Naturgesetze begrenzt, was nirgendwo deutlicher wird als an unserem Unvermögen zu fliegen, auch wenn wir noch so energisch und ausdauernd mit den Armen schlagen. Das Problem besteht hier jedoch nicht bloß darin, daß uns Flügel fehlen. Würde ein Fasan auf die Größe eines Menschen gebracht, er würde wie ein Stein zur Erde fallen. Man kann auch Ikarus nehmen. Als Kind hatte ich ein Buch über Mythologie, das eine sehr einleuchtende Abbildung von ihm enthielt; die Flügel, die er sich angebunden hatte, waren so lang, wie er groß war, und etwa ein Viertel so breit - nicht unähnlich den eleganten Proportionen einer Schwalbe. Leider hätte der Junge, um mit diesen Schwingen zu fliegen, für die Schläge seiner Arme anderthalb Pferdestärken aufbieten müssen, das Vierfache der maximalen Dauerleistung eines sportlichen Menschen. Ikarus und Dädalus waren möglicherweise bereit, sich bei ihrer luftigen Flucht aus Kreta aufs äußerste zu verausgaben, doch die meisten von uns würden es vorziehen, mit besserem Gerät zu fliegen.

Gewicht, Form und verfügbare Energie —das alles spielt bei der Kunst des Fliegens eine Rolle. Beginnen wir mit dem nächstliegenden Erfordernis fürs Fliegen: Eine Auftrieb gebende Kraft muß das Gewicht des betreffenden Tieres ausgleichen. Diesen Auftrieb liefert die Luft. Luft hat ein Gewicht und übt auf Meereshöhe einen gleichmäßigen Druck in alle Richtungen aus, der rund zehn Gramm pro Quadratzentimeter Oberfläche beträgt. Um einen Auftrieb zu erreichen, muß ein Tier es schaffen, den Luftdruck auf seiner Oberseite zu verringern, so daß ein Überdruck entsteht, der von unten nach oben drückt. Vögel und Flugzeuge erreichen das durch entsprechend geformte Flügel und die Vorwärtsbewegung. Die Krümmung und die Rücktriftkante eines Flügels zwingen die Luft, schneller über die Oberseite zu strömen als über die Unterseite. So entsteht ein Aufwärtsdruck, der der Luftdichte und dem Quadrat der Vorwärtsgeschwindigkeit proportional ist, ein Grundgesetz der Physik, das sich aus der Energieerhaltung ableiten läßt. Das heißt, daß der Auftrieb sich vervierfacht, wenn die Geschwindigkeit verdoppelt wird. Ohne Bewegung gibt es keinen Auftrieb. Desgleichen könnten Vögel auch nicht auf dem Mond fliegen, weil die Luftdichte dort praktisch gleich Null ist (Wegen der geringeren Gravitation könnten Lebewesen jedoch sechsmal zu hoch springen wie auf der Erde, was vielleicht ein befriedigender Ersatz wäre.) Hat man einmal seinen Auftriebsdruck von soundsoviel Gramm pro Quadratzentimeter erreicht, muß man eine zweckentsprechend große Flügelfläche ausspannen. So wird ein Auftriebsdruck von 0,7 Gramm pro Quadratzentimeter (der durch das Fliegen mit etwa 56 Kilometern pro Stunde erreicht wird), auf eine Flügelfläche von rund 2600 Quadratzentimetern drückend, eine Gesamtauftriebskraft von 1,8 Kilogramm ergeben, genug, um dem Gewicht eines durchschnittlichen Vogels Auftrieb zu geben. Hier ist ein passender Kompromiß möglich: Die nötige Auftriebskraft ist sowohl mit geringerer Flügelfläche und entsprechend größerer Vorwärtsgeschwindigkeit als auch mit größerer Fläche und geringerer

Geschwindigkeit zu haben. Vögel machen sich diese Option je nach ihren Bedürfnissen zunutze. Der Fischreiher zum Beispiel hat zum Waten geschaffene lange, schlanke Beine und muß langsam fliegen, um sie sich nicht beim Landen zu brechen. Deshalb haben Fischreihere eine relativ große Flügelspannweite. Fasane bewegen sich dagegen im Unterholz und würden große Flügel lästig finden. Um sich mit ihren relativ kurzen Flügeln in der Luft zu halten, fliegen sie schnell. Ein freundlicher Mensch bei der Audubon Society, der die Vögel zufällig in seinem Arbeitszimmer hatte, half mir telefonisch mit realen Zahlen aus: Ein durchschnittlicher Fischreiher wiegt drei Kilogramm und breitet eine Flügelfläche von gut 5000 Quadratzentimetern aus, während beim Fasan das Verhältnis von Gewicht zu Flügelfläche dreimal so hoch ist. Der Fasan fliegt jedoch flotte achtzig Kilometer pro Stunde, doppelt so schnell wie der Fischreiher.

Daß ein Vogel sich ohne Propeller vorwärtsbewegen kann, ist schwer zu verstehen. Sir George Cayley, der Vater des modernen Flugzeugs, klärte dieses Rätsel Anfang des 19. Jahrhunderts auf (Leonardo da Vinci studierte die Kunst des Fliegens jahrelang, und es ist durchaus möglich, daß er die Fortbewegung der Vögel verstanden hat, doch seine Notizen blieben bis vor hundert Jahren verschollen, und er hat sie typischerweise unvollendet gelassen — allerdings soll er, einer Legende zufolge, einen seiner Schüler mit einem Fluggerät vom Monte Cecere losgeschickt haben, der dann prompt abstürzte.) Vögel haben durchaus Propeller, in Gestalt speziell geformter Federn in der äußeren Hälfte ihrer Flügel. Diese sogenannten Hauptfedern ändern während eines Flügelschlags ihre Form und Stellung. Beim Senken des Flügels bewegen sie sich abwärts und vorwärts, beim Heben aufwärts und rückwärts. Nach denselben physikalischen Prinzipien wie der Rest des Flügels funktionierend, erzeugen die Hauptfedern ihren Antrieb in der Vorwärts- statt in der Aufwärtsrichtung. Fliegen kostet, genau wie andere physische Aktivitäten, Energie. Ein reibungsloser Vogel könnte, wenn er seine Flughöhe erreicht hat und mit seinem Tempo zufrieden ist, endlos schweben, ohne mit einem Muskel zu zucken. Das ganze Flügelschlagen und die Verausgabung von Energie wird nötig durch den Luftwiderstand. Der Widerstand kostet, je nach der aerodynamischen Gestaltung des Geräts, etwa ein Zwanzigstel der Auftriebskraft. Für die Überwindung des Widerstandes muß ein Fischreiher, der mit Reisegeschwindigkeit fliegt, wohl oder übel ein Fünfzigstel einer Pferdestärke verausgaben, und seine Kalorien bleiben zurück in Gestalt von Luftwirbeln. Schwerere Vögel mit denselben Proportionen müssen je Kilo Gewicht noch mehr Energie aufbringen. Werden die Maße eines Vogels unter Beibehaltung der Form in jeder Richtung vervierfacht, so steigen Gewicht und Volumen auf das 64fache und die zum Fliegen benötigte Energie auf das 128fache. Dieses Gesetz ist nur durch eine Änderung der Form zu umgehen. Wird zum Beispiel das Gesamtvolumen (und das Gewicht) konstant gehalten, die Flügelfläche aber vervierfacht, so wird zum Fliegen nur die Hälfte der Energie benötigt. Zugvögel sparen auf ihren langen Flügen dadurch Energie, daß sie zusammen in Formation fliegen; die weiter

hinten fliegen, erhalten durch den aufsteigenden Luftstrom in der Schleppe des vorausfliegenden Vogels einen gewissen Auftrieb und müssen dafür abwechselnd die Führungsposition übernehmen. Beim Soloflug wird die benötigte Flugenergie jedoch unausweichlich von Gewicht und Form bestimmt. Das sind einfach die Tatsachen für die Luftfahrt.

Wenn wir uns nun der Biologie zuwenden, stellen wir fest, daß Lebewesen je Kilo Gewicht in der Erzeugung nutzbarer Energie sehr ineffizient sind, verglichen mit Verbrennungsmotoren. Ein Mensch kann maximal eine mechanische Leistung aufbringen, die nur ein Zweihundertstel der Leistung eines Motors von gleichem Gewicht beträgt. Um zwölf Pferdestärken zu erreichen, die Leistung des kleinen Motors in dem Flugzeug der Brüder Wright im Jahre 1903, muß die Biologie die Dienste eines Elefanten in Anspruch nehmen. Die Mißlichkeit der begrenzten biologischen Energie läßt jedoch nach, wenn wir zu kleineren Größenordnungen kommen. Leichtere Tiere haben je Kilo Gewicht mehr Energie als schwerere. Fangen wir mit einem Pferd von 200 Kilo an, das über eine Pferdestärke gebietet. Jetzt verringern wir das Gewicht des Tieres. Es wurde festgestellt, daß die für Arbeit verfügbare Energie bei einer Verringerung des Gewichtes um fünfzig Prozent nur um vierzig Prozent zurückgeht. Wenn man bei einem Gewicht von weniger als einer Unze (28 Gramm) angekommen ist, erkennt man, daß die 4000 Mäuse, die genauso viel wiegen wie ein Mensch, zusammen neunmal soviel Energie haben.

Möglicherweise peinlich, aber nicht unerwartet. Im Unterschied zu den meisten Motoren und Maschinen erzeugen die Muskeln in Tieren mehr Wärme als nützliche Arbeit. Da die Wärmeerzeugung nicht einem größeren Umfang als die Kühlmöglichkeiten des Tieres aufrechterhalten werden kann und die Kühlung im allgemeinen über die Hautoberfläche bewerkstelligt wird, entspricht die Erzeugung von Wärme — und mechanischer Leistung — bei Tieren annähernd ihrer Oberfläche. Folglich liegt das Verhältnis zwischen Leistung und Gewicht nahe bei dem Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen. Es ist dann eine einfache Rechnung, daß kleinere Objekte im Verhältnis zu ihrem Volumen eine größere Oberfläche haben als größere Objekte (Ganz kleine Tiere haben auch ihre Nachteile, darunter die Notwendigkeit, fast den ganzen Tag mit Fressen zu verbringen, aber das ist eine andere Geschichte.)

Da nun die zum Fliegen benötigte Energie mit zunehmendem Gewicht rascher wächst als die insgesamt verfügbare Energie —sofern nicht eine spektakuläre Änderung der Körperform dazwischenkommt —, sind leichtgewichtige Geschöpfe beim Fliegen klar im Vorteil. Die Natur scheint an diesem Kampf zwischen Physik und Biologie großen Gefallen zu finden. Vögel experimentieren schon seit hundert Millionen Jahren mit dem Flug, doch der schwerste wirklich fliegende Vogel, die Trappe, kommt selten über fünfzehn Kilo. Die größeren gleitenden Vögel wie die Geier, die sich von Säulen aufsteigender heißer Luft emportragen lassen, tragen nicht ihr volles Gewicht. Der 130 Kilo schwere Strauß verläßt nie den Boden und hat sich offenbar dafür entschieden, sich nicht durch den Flug, sondern durch bloße Masse zu schützen.

Da er nie einen Vogel von 90 Kilo Gewicht in den Lüften gesehen hatte, muß der britische Industrielle Henry Kremer sein Geld für lange Zeit sicher geglaubt haben, als er 1959 einen Preis von 5000 £ für das Fliegen mit menschlicher Muskelkraft auslobte. Nach vielen ernsthaften, aber erfolglosen Bemühungen von Briten, Japanern, Österreichern und Deutschen wurde der Kremer-Preis 1973 auf eine Summe von umgerechnet 86000 US-Dollar aufgestockt. Nach den strengen, von der Royal Aeronautical Society of England aufgestellten Wettbewerbsregeln hatte der Gewinner um zwei Pylone im Abstand von 800 Metern eine Acht zu fliegen, ohne den Boden zu berühren, und den Start- und Zielpunkt in einer Mindesthöhe von drei Metern zu überfliegen. Und natürlich hatte der menschliche Pilot die Energie zu liefern.

Am 23. August 1977 kletterte ein sportlicher junger Mann in Shafter, Kalifornien, in ein zerbrechliches, plump wirkendes Flugzeug namens Gossamer Condor, schnallte seine Füße an fahrradähnliche Pedale, die mit einem Propeller verbunden waren, und gewann den Preis. Der Flug dauerte etwa siebeneinhalb Minuten. Die Leistung von Paul MacCready, dem Konstrukteur des Flugzeugs, bestand darin, ein ungewöhnlich leichtes Gebilde von enormer Flügelspannweite zu schaffen. Um das Gewicht des Flügels möglichst gering zu halten, wurde Mylar-Folie über Aluminiumstreben gespannt, für die Verspannung wurden Klaviersaiten und für die Vorderkante des Flügels wurde Pappe genommen. Das gesamte Fluggerät, Rumpf und Flügel zusammen, wiegt 32

Kilo. Hinzu kommt das Gewicht von Bryan Allen, 60 Kilo. Allen ist ungefähr 1,80 Meter groß, - sein Hügel war 29 Meter lang und drei Meter breit. Nie hat Mutter Natur ein fliegendes Geschöpf ersonnen, das auch nur entfernt solche Disproportionen aufweist. Um die Zahlenwerte zu vergleichen: Beim Fasan verhalten sich Flügelfläche and Rumpffläche wie etwas über eins zu eins, beim Reiher wie fünf zu eins und bei der Trappe wie dreizehn zu eins. Beim Gossamer Condor (mit Pilot) verhalten sich Flügelfläche und Rumpffläche wie neunzig zu eins. In vielerlei Hinsicht haben Menschen die Schwierigkeiten der Fliegerei vor langer Zeit überwunden, bei Kitty Hawk. Und

Verbrennungsmotoren sind sogar noch älter. Doch wenn wir uns in unseren Träumen in die Lüfte erheben, um einer Gefahr zu entrinnen oder einfach nur unsere Kraft zu genießen, dann fliegen wir wie Vögel, mit eigenem Antrieb. Es mag unangenehm sein, sich vorzustellen, daß man mit einem Flügel von dreißig Metern versehen ist, aber das ist es. was die Natur verlangt, um wie ein Vogel zu fliegen.

SCHÜLER UND LEHRER

Im Herbst 1934, ein Jahr nach seiner Promotion, reiste John Archibald Wheeler nach Kopenhagen, um bei dem berühmten Atomphysiker Niels Bohr zu studieren. An seinem Institut für Theoretische Physik, einem wohnhausähnlichen Gebäude am Blegdamsvej 15. hatte Bohr eine wissenschaftliche »Schule« geschaffen, in der die alltägliche Anregung durch glanzvolle Seminare und verwirrende neue Ideen Leute mit langsamen Verstand »entmasten« konnte. Unter den Studenten, die sich gut gehalten hatten, waren Felix Bloch, Max Delbrück, Linus Pauling und Harold Urey, alles spätere Nobelpreisträger wie ihr Lehrer. Als Wheeler eines Morgens mit dem Fahrrad am Institut ankam, bemerkte er einen Arbeiter, der die Weinranken abriß, die die graue Stuckfassade des Hauses dicht überwuchert hatten. Bei genauerem Hinsehen erkannte er, daß es Bohr selbst war, "der in seiner gewohnten bescheidenen, aber direkten Weise an ein Problem heranging«. So begann Wheelers Tutorium. Ich bin - über Wheeler - ein Ur-Urstudent von Bohr. Ich hatte diese Tatsache vergessen, bis ich kürzlich in das Bostoner Atelier des Malers Paul Ingbretson geriet, der sogleich seine pädagogische Herkunft von R. H. Ives Gammell bekanntgab, einem Studenten des akademischen Malers Jean-Léon Gérôme. In der Welt der Kunst hört man sehr oft, die Zeiten der Meister-und-Lehrling-Tradition seien vor zwei Jahrhunderten zu Ende gegangen, die klassische Methode der strengen und gründlichen Ausbildung sei in Vergessenheit geraten, außer bei einer Handvoll von Malern. Ingbretson, vierunddreißig Jahre alt, ist einer dieser Wenigen. Er hält die Technik, den Stil und die Gelehrsamkeit, die er bei seinen Lehrern erworben hat, in Ehren und versucht, sie an seine Schüler weiterzuleben, hier in den Fenway Studios, wo Paxton von 1905 bis 1914 arbeitete. Was er von Gammell und Paxton gelernt hat, läßt sich nicht aufschreiben. Er ist ein wandelndes Gemälde, voll von ihren Pinselstrichen und Visionen. In der Wissenschaft ist eine solche persönliche Weitergabe weniger gebräuchlich, weil man der Ansicht ist, daß routinemäßige Objektivität schwerer wiege als Fragen des Stils. Selten erlebt man, daß ein Wissenschaftler seine pädagogische Abstammung preisgibt. Doch ohne einen guten Lehrer könnte ein junger Student der Naturwissenschaft Lehrbücher lesen, die aneinandergereiht bis zum Mond reichen, und trotzdem nicht lernen, worauf es in seinem Fach ankommt. Was ist es eigentlich in diesem Zeitalter der massenhaften Speicherung und Abrufung von Informationen, das man nicht aus Büchern lernen kann?

»Die Augen zusammenkneifen, die Augen zusammenkneifen«, ermahnte Ingbretson einen seiner Studenten. Wenn man beim Betrachten seines Sujets die Augen zusammenkneift, verschwinden unbedeutende Einzelheiten, und übrig bleiben nur die Hauptpunkte, die dominierenden Lichter und Schatten. Ingbretsons Schützlinge mit ihren Staffeleien und Papier und Kohlestiften drängten sich um eine klassische Marmorbüste, die ihr Licht von den fünf Meter hohen, bis zur Decke des Ateliers reichenden Fenstern erhielten. "Es geht nur darum, sehen zu lernen«, sagte Ingbretson. »Sehen lernen« war eine Wendung,

die Gammell oft benutzte Sie ist bezeichnend für die Methode des Malens nach der Natur, wie sie zu Beginn des 20. Jahrhunderts von der Bostoner Schule praktiziert wurde, die den strengen akademischen Stil mit dem Impressionismus verband. Wheeler, inzwischen fünfundachtzig, hatte seine eigene Methode des Sehenlernens, die er meinem Lehrer Kip Thorne beibrachte: »Wenn es Ihnen schwerfällt, klar zu denken, stellen Sie sich vor, Sie würden einen Computer programmieren, der Ihr Problem lösen soll. Nachdem Sie die erforderliche Logik Schritt für Schritt innerlich automatisiert haben, können Sie auf den Computer verzichten.« Wenn man auf diese Weise ein Problem durchgeht, wird man gelegentlich auf einen unerwarteten Widerspruch stoßen, und da fängt der Spaß erst richtig an. Wheeler liebt es, Physik anhand von Paradoxien zu lehren, eine Gewohnheit, die er von Bohr übernahm. In den zwanziger und dreißiger Jahren, als die Quantenmechanik noch in den Kinderschuhen steckte und die Physiker sich allmählich an die seltsame Tatsache gewöhnten, daß ein Elektron sich sowohl wie ein lokalisierbares Teilchen als auch wie eine über viele Orte zugleich verbreitete Welle verhält, erkannte Bohr, daß einander scheinbar widersprechende Betrachtungsweisen für das Verständnis gewisser Phänomene gleichermaßen wichtig sein können. Diese Denkweise erwirbt ein Student nicht aus Büchern. Wheeler erinnert daran, daß Bohr einen Sachverhalt so zu erklären pflegte, als spiele ein Mann mit sich selbst Tennis; jeder Treffer des Balls war wie ein aufschlußreicher Widerspruch zu früheren, durch ein neues Experiment oder eine neue Theorie gewonnenen Resultaten. Hatte er getroffen, lief Bohr so schnell auf die andere Seite des Platzes, daß er seinen eigenen Schuß parieren konnte. »Kein Fortschritt ohne ein Paradoxon.« Das Schlimmste, was im Seminar eines Gastes passieren konnte, war das Ausbleiben von Überraschungen, woraufhin Bohr die gefürchteten Worte zu äußern pflegte: »Das war interessant.« In dem Durcheinander von Ingbretsons Atelier wanderte ich langsam um ein sonderbares Stilleben-Arrangement, es bestand aus einem senkrecht stehenden Porzellanteller mit einem diagonalen Muster, einer Schüssel, einer Streichholzschachtel und ein paar getrockneten Blumen. Auf einer der Staffeleien hatte einer von Ingbretsons fortgeschrittenen Schülern eine äußerst eindrucksvolle Interpretation gegeben, die zwar offensichtlich auf das nichtssagende Stilleben zurückging, das ich vor mir hatte, aber irgendwie etwas Bemerkenswertes hatte. Ich ging einen Schritt weiter, um genau den Gesichtswinkel einzunehmen, von dem aus die Zeichnung angefertigt worden war, und plötzlich bekamen die Objekte auf dem Tisch für mich etwas Seltsames. »Es gibt Künstler«, sagte Ingbretson, »die ein Stilleben stundenlang immer wieder neu arrangieren, bis sie die richtige Anordnung und den richtigen Gesichtswinkel gefunden haben.« Wenn man es aus der verkehrten Richtung betrachtet, sieht man nur einen Haufen Müll. »Es kommt vor, daß die Realität nicht genug ist. In Gammells Klasse habe ich einmal ein Stilleben gemalt, und wir hatten die Objekte vorher sorgfältig ausgewählt und angeordnet. Als ich fertig war, betrachtete Gammell meine Arbeit einige Minuten lang, und dann empfahl er mir, in der Ecke eine Nippsache einzufügen, die in dem Arrangement

nicht vorhanden war. Ich tat es, und es zeigte sich, daß er recht hatte.«
In den Naturwissenschaften kommt es vor, daß Doktoranden ohne die Betreuung durch einen kenntnisreichen Doktorvater mit der Suche nach einem geeigneten Forschungsprojekt Jahre vergeuden. Gelegentlich geht eine Bewerbung von einem Studenten aus der Dritten Welt ein, der sich um eine Forschungsstelle im Ausland bemüht, und man sieht sofort, daß er mathematisch äußerst begabt ist und die Fachzeitschriften gründlich durchgekämmt hat, aber seine Lehrer sind vom Mainstream der Forschung abgeschnitten, und er hat keine Ahnung, über welche Projekte zu arbeiten sich lohnen würde. Der sowjetische Physiker und Nobelpreisträger Lew Landau hielt rund dreißig wichtige ungelöste Probleme in einem Notizbuch fest, das er den Studenten zeigte, die ein Sperrfeuer von Prüfungen, das man liebevoll als Landau-Minimum bezeichnete, erfolgreich überstanden hatten. In der Naturwissenschaft sind bedeutende Forschungsprojekte oft nicht schwieriger als unbedeutende. Bei den Projekten aus Landaus Notizbuch war die Bedeutsamkeit garantiert. Als Student konnte man immer wissen, auf welche Projekte Thorne scharf war, denn der Korridor vor seinem Arbeitszimmer war gespickt mit Wetten, die er mit anderen wissenschaftlichen Berühmtheiten abgeschlossen hatte »Kip Steven Thorne wettet mit S. Chandrasekhar, daß rotierende Schwarze Löcher sich als stabil erweisen werden. K.S. T. setzt als Prämie ein Jahresabonnement für *The Listener* aus. S. C. setzt ein Jahresabonnement für den *Playboy* dagegen.«! Und so weiter. Thorne, rotbärtig und drahtig, saß still in seinem Arbeitszimmer und füllte Seite auf Seite mit Gleichungen, während Studenten, die vorbeikamen, diese Wetten auf dem Flur studierten und Feuer fingen.

Beethoven und Czerny und Liszt, Sokrates und Platon und Aristoteles, Verrocchio und Leonardo, Puschkin und Baryschnikow. Während wir in dem Atelier standen, ging Ingbretson zu einer Schülerin hinüber, die es in der letzten Stunde geschafft hatte, drei fragwürdige Striche aufs Papier zu bringen, und empfahl ihr, noch einmal von vorn anzufangen. Sein eigener Lehrer verlangte viel von seinen Schülern, und er scheute nicht vor kleinen Demütigungen zurück, um ihnen etwas klar zu machen. Als der junge Ingbretson eines Tages selbstgefällig sein Gemälde betrachtete, packte Gammell, ein kahlköpfiges, verhutztes Männlein mit dem Kopf einer Bulldogge, der nicht viel größer war als einsfünfzig, den Schüler am kleinen Finger und führte ihn durch den Raum zu einem Topf mit weißer Farbe, tauchte den kleinen Finger in die Farbe, führte ihn dann zurück zu seiner Staffelei und legte den Finger an einer strategischen Stelle auf die Leinwand. »Da«, sagte Gammell, "jetzt haben Sie das Schlaglicht«
Hans Krebs, 1953 Träger des Nobelpreises für Medizin und Physiologie, Schüler des Nobelpreisträgers Otto Warburg, der seinerseits ein Schüler des Nobelpreisträgers Emil Fischer war, schrieb, daß Wissenschaftler von Rang vor allem »einen hohen Maßstab der Forschung lehren. Wir messen alles, uns selbst eingeschlossen, durch Vergleiche; und wenn jemand von herausragenden Fähigkeiten fehlt, besteht die Gefahr, daß wir uns grundlos für ausgezeichnet

halten ... Unter dürftigen Umständen kann es passieren, daß mittelmäßige Menschen sich (und anderen) als bedeutend erscheinen. Umgekehrt kommen bedeutende Menschen sich in der Gesellschaft von Riesen zwergenhaft vor, und das ist ein sehr hilfreiches Gefühl... Wenn ich mich frage, wie es dazu kam, daß ich mich eines Tages in Stockholm wiederfand, dann habe ich nicht den geringsten Zweifel, daß ich dieses Glück dem Umstand verdanke, daß ich in der entscheidenden Phase meiner wissenschaftlichen Laufbahn einen hervorragenden Lehrer hatte.«

In Ingbretsons Atelier sind Richtscheite und Senkbleie eine gewohnte Erscheinung. Ein Senkblei ist ein an einem Faden befestigtes Gewicht, das, im Schwerfeld der Erde frei aufgehängt, untrüglich die senkrechte Richtung anzeigt. Richtscheite und Senkbleie sind unverzichtbare Hilfsmittel, um Proportionen und Winkel genau hinzubekommen. Diese Tradition der altmeisterlichen Zeichenkunst hat er bei Gammell abgeschaut, der sie bei Paxton gelernt hatte. Paxtons Porträts sind überwältigend in ihrer Präzision, von einer Naturtreue und Sinnlichkeit, die über jedes Foto weit hinausgeht. Über Paxton schrieb Gammell einmal: "Die unübertroffene Schärfe seines Blickes, verbunden mit großartiger Beherrschung der Technik, versetzte ihn in die Lage, seine Eindrücke mit erstaunlicher Wahrhaftigkeit wiederzugeben."

Eine der Schülerinnen Ingbretsons kämpfte in ihrer Zeichnung der Marmorbüste mit den Winkeln. Striche gingen schief und irrten ziellos ab. Das geheiligte Senkblei funktionierte nicht, »Haha«, meinte er, »Ihr Papier hat sich verschoben.«

Nur durch ständige Rückkoppelung zwischen Lehrer und Schüler läßt sich zeichnerische Meisterschaft erwerben, erklärte Ingbretson. Doch zeichnerische Meisterschaft allein genügt nicht. Wenn man das Technische beherrscht, muß man entscheiden, was auf der Leinwand hervorgehoben werden soll. Diese vertrackte Kombination von formaler Methode und persönlicher Impression erinnert an das in der Naturwissenschaft geforderte Gleichgewicht zwischen mathematischer Strenge und physikalischer Intuition. Thorne ist überzeugt, daß ein Gefühl für dieses Gleichgewicht eines der entscheidenden Dinge sei, die er bei Wheeler gelernt hat. »Viele Wissenschaftler kommen nur im Schnecken-tempo voran, weil sie allzu mathematisch sind und nicht physikalisch zu denken vermögen. Das gilt umgekehrt auch für Leute, die mathematisch allzu nachlässig sind.« Nehmen wir zum Beispiel eine quantitative Beschreibung von Murmeln, die auf einem löchrigen Fußboden umherrollen. Sie versuchen eine Gleichung abzuleiten, aus der hervorgeht, wie die Zahl der Murmeln mit der Zeit abnimmt. Sie können diese Gleichung sehr gut testen, indem Sie den Durchmesser der Löcher klein wählen, dann müßte herauskommen, daß Sie keine Ihrer Murmeln verlieren. Wenn nicht, ist die Gleichung falsch. Auf diesen Test kommen Sie natürlich nur, wenn Sie sich im Kopf eine physikalische Vorstellung von Murmeln machen, die umherrollen und eine nach der anderen durch die Löcher fallen. Der mathematischen Gleichung ist es egal, ob sie richtig oder falsch ist, ihr genügt es vollkommen, Sie mit einem nichts enthüllenden Wirrwarr ihrer

murmel-erhaltenden und murmel-nichterhaltenden Teile anzustarren.

Niels Bohr war ein Mann wie ein Schrank und in seiner Jugend ein Fußballheld. Zugleich war er liebenswürdig, und er brachte seine scharfsinnigen Argumente mit sanfter Stimme vor. Bohr hatte viele Ideen, für die er sich nie um das Urheberrecht bemühte. Genauso sein Schüler John Wheeler, der ohne großes Aufsehen zahlreiche zukunftsweisende Ideen in die Physik einführte und beim Manhattan-Projekt als Berater der Firma DuPont eine wichtige, aber wenig bekannte Rolle spielte. Persönlicher Stil kann weitervermittelt werden. Wheelers Schüler Kip Thorne hat es sich immer angelegen sein lassen, die Verdienste anderer Wissenschaftler zu würdigen. Seine Seminare eröffnet er damit, daß er die meisten seiner Resultate bestimmten Gelehrten zuschreibt. Bescheidenheit bestimmt ebenso wie ihr Gegenteil den Ton einer Forschungsgruppe.

Ghirlandaio und Michelangelo, Koussevitsky und Bernstein, Lastman und Rembrandt, Fermi und Bethe, Luria und Watson. Von den 286

Nobelpreisträgern, die zwischen 1901 und 1972 ernannt wurden, hatten 41 Prozent einen Lehrer oder führenden Mitarbeiter, der seinerseits Nobelpreisträger war. Viele Nobelpreisträger haben sich mit geistsprühenden Schülern umgeben. Eine Gruppe von Lehrlingen scheint, en masse, die nötige Geschwindigkeit zum Abheben hervorzubringen. Zu den großen Lehrmeistern der Physik in neuerer Zeit gehörten Thomson und Rutherford in England, Landau und Seldowitsch in der ehemaligen Sowjetunion, Bohr in Dänemark, Fermi und Oppenheimer und Alvarez in den Vereinigten Staaten - alle mit großen Forscherteams, aus denen weitere bedeutende Wissenschaftler hervorgingen.

Am Caltech (California Institute of Technology) hat Thorne immer darauf bestanden, daß sein halbes Dutzend Forschungsstudenten in benachbarten Räumen untergebracht wurde, wobei die ungeschriebene Regel galt, daß die Türen von Arbeitszimmern und Labors offen bleiben. In einer Gruppe von kreativen Leuten, die miteinander arbeiten, gibt es fast immer einen, der zitternd kurz vor einer Entdeckung steht, und diese Schwingungen übertragen sich auf die anderen.

Aus einem Foto der Zeichenklasse des Bostoner Museums von 1913 blickt uns, inmitten seiner siebzehn Schüler sitzend, ein schnurrbärtiger Paxton mit ruhigem Blick an. Vorn links sieht man, zwanzig Jahre alt und mit vollem Haar, Gammell in einem Mantel. Sein Gesichtsausdruck ist ernst. Die anderen Schüler stehen oder sitzen, einige in eleganten Anzügen, andere in kurzärmeligen Hemden und Arbeitskitteln, einige mit einem ängstlichen, andere mit gelangweiltem Ausdruck, aber sie stützen sich aufeinander, die Hände über die Schultern gelegt, und die Luft knistert vor Spannung.

Das Licht, das durch die hohen Fenster in Ingbertsons Atelier fiel, verblaßte, und seine Schüler packen ihre Sachen zusammen. »Wissen Sie, Gammell war nicht perfekt. Die Gesten seiner Figuren waren gekünstelt. Sehen Sie sich den Arm an.« Ingbertson deutete auf eine Abbildung in einem Buch mit Gammells Gemälden. »Das ist unnatürlich. Ich habe es erst nach einiger Zeit bemerkt. Ich war erleichtert.«

Nichts ist für Schüler so erfrischend wie die Entdeckung, daß ihre gefeierten Lehrer fehlbar sind. Auch Schüler haben weiß Gott ihre eigenen menschlichen Schwächen, und wenn sogar ihre großen Mentoren Fehler machen können, dann, tja, dann ist alles möglich. Thorne erinnert sich aus der Zeit nach seinem Vordiplom, daß Wheeler mehrfach falsche Äußerungen über Schwarze Löcher machte. Die Einsicht in Wheelers Irrtümer war ihrerseits inspirierend. Als Wheeler 1934 in Kopenhagen war, erbat er Bohrs Urteil über einige Berechnungen zur sogenannten Streuungstheorie, die er von Fällen mit langsamen Teilchen auf solche übertragen hatte, in denen die Teilchen sich mit annähernder Lichtgeschwindigkeit bewegen. Bohr beurteilte Wheelers Arbeit mit Skepsis und riet von einer Veröffentlichung ab. Bohr hatte unrecht. Vielleicht ist unsere eigene Unvollkommenheit am Ende das Wichtigste, was wir von Lehrern lernen. Bei der Einweihung der riesigen Einstein-Statue in Washington sagte Wheeler vor fünfzehn Jahren »Wie läßt sich am besten symbolisieren, daß die Wissenschaft nach dem Ewigen greift? ... Nicht durch eine pompöse Figur auf einem Podest. Nein, durch eine Figur, über die Kinder krabbeln können...«

ZEITREISEN UND DIE PFEIFE VON PAPA JOE

Wenn Astronomen ihre Teleskope auf die uns am nächsten benachbarte große Galaxie, den Andromedanebel, richten, sehen sie sie, wie sie vor zwei Millionen Jahren war. Das ist ungefähr die Zeit, als der Australopithecus sich in der Sonne Afrikas aalte. Diese kleine Zeitreise ist möglich, weil das Licht für den Weg von dort nach hier zwei Millionen Jahre braucht. Schade, daß wir nicht umgekehrt von einem gemütlichen Planeten im Andromedanebel aus die Erde beobachten können. Doch das Licht von fernen Objekten zu betrachten, ist keine echte Zeitreise, nicht die leibhaftige Teilnahme an Vergangenheit und Zukunft des Yankees aus Connecticut von Mark Twain oder des Zeitreisenden von H. G. Wells. Seit ich alt genug war, um Science-fiction zu lesen, habe ich vom Zeitreisen geträumt. Die Möglichkeiten sind schwindelerregend. Man könnte moderne Arzneimittel mit ins Europa des 14. Jahrhunderts nehmen und die Ausbreitung der Pest unterbinden, oder man könnte ins 23. Jahrhundert reisen, wo die Leute ihren Jahresurlaub in Raumstationen verbringen.

Als Wissenschaftler, der ich bin, ist mir bekannt, daß Zeitreisen nach den Gesetzen der Physik ziemlich unwahrscheinlich sind. Zunächst einmal würde die Kausalität verletzt. Könnte man in die Vergangenheit reisen, so könnte man in eine Folge von Ereignissen eingreifen, wissend, wie sie andernfalls ausgegangen wären. Die Ursache würde nicht mehr in jedem Fall der Wirkung vorausgehen. Sie könnten zum Beispiel verhindern, daß Ihre Eltern sich überhaupt begegnen. Das Nachdenken über die Folgen, die sich daraus ergeben, wird Ihnen Kopfschmerzen bereiten, und Science-fiction-Autoren schwelgen seit Jahrzehnten in den Paradoxien, die sich aus Reisen durch die Zeit ergeben können. Physikern sträuben sich beim Gedanken an eine Kausalitätsverletzung natürlich die Haare. Die Differentialgleichungen, die das Verhalten von Dingen bei gegebenen Kräften und Anfangsbedingungen beschreiben, würden nicht mehr gelten, denn das, was in einem Moment passiert, würde nicht mehr zwangsläufig determinieren, was im nächsten passiert. Physiker sind in der Tat darauf angewiesen, in einem deterministischen Universum zu operieren, und Zeitreisen würden sie und die Mehrzahl der übrigen Wissenschaftler fast sicher auf Dauer arbeitslos machen.

Doch auch innerhalb der Paradigmen der Physik gibt es technische Schwierigkeiten für die Zeitreise, über die unangenehme Tatsache hinaus, daß ihre Existenz die Wissenschaft insgesamt abschaffen würde. Die Art und Weise, wie die Zeit verstreicht, so wie wir sie heute verstehen, wurde 1905 von Einstein auf glänzende Weise erhellt. Zunächst räumte Einstein unsanft mit den aristotelischen und Newtonschen Vorstellungen von der Absolutheit der Zeit auf, indem er zeigte, daß die gemessene Geschwindigkeit, mit der die Zeit verstreicht, zwischen Betrachtern, die sich relativ zueinander bewegen, variieren kann. Das sieht bis jetzt hoffnungsvoll für die Zeitreise aus.

Doch Einstein zeigte auch, daß die gemessene zeitliche Folge von zwei Ereignissen nicht umzukehren ist ohne relative Bewegungen, die über die Lichtgeschwindigkeit hinausgehen. In der modernen Physik ist die Lichtge-

schwindigkeit, 300000 Kilometer pro Sekunde, eine ganz spezielle Geschwindigkeit; es ist die Geschwindigkeit, mit der sich die gesamte elektromagnetische Strahlung im Vakuum ausbreitet, und es scheint die fundamentale Geschwindigkeitsgrenze der Natur zu sein. In unzähligen Experimenten ist es uns nicht gelungen, irgendetwas zu finden, das sich schneller als das Licht ausbreitet.

Es gibt einen anderen denkbaren Ausweg. 1915 erweiterte Einstein seine Theorie von 1905, die spezielle Relativitätstheorie, indem er die Wirkungen der Gravitation berücksichtigte; die so entstandene Theorie erhielt den einfallsreichen Namen Allgemeine Relativitätstheorie. Beide Theorien haben alle experimentellen Überprüfungen, die uns möglich sind, bemerkenswert gut überstanden. Die allgemeine Relativitätstheorie besagt, daß die Gravitation die Geometrie von Raum und Zeit dehnt und krümmt und dadurch den zeitlichen und räumlichen Abstand von Ereignissen verzerrt. Lokal, also für kurze Ausflüge, kann die Lichtgeschwindigkeit nicht überschritten werden. Eine lange Reise könnte jedoch eine heimliche Abkürzung im Raum nehmen, die von einer gravitationalen Krümmung hervorgerufen wurde, so daß ein Reisender die Strecke zwischen zwei Punkten auf *einem* Weg in kürzerer Zeit zurücklegen könnte, als sie das Licht auf einem anderen Weg benötigt. Ungefähr so, wie wenn man von Las Vegas nach San Francisco fährt, mit der Option, einen Umweg über das Tal des Todes zu machen. In gewissen Fällen könnten diese Umwege zur Zeitreise führen, was dann in der Tat das ganze Problem der Kausalitätsverletzung aufwerfen würde.

Der Haken dabei ist, daß es unmöglich ist, konkrete Lösungen für Einsteins Gleichungen zu finden, die einerseits die Zeitreise gestatten und sich ansonsten normal verhalten. Alle derartigen Vorschläge setzen entweder eine unerreichbare Konfiguration der Materie voraus, oder sie besitzen wenigstens einen häßlichen Punkt im Raum, den man als «nackte Singularität» bezeichnet und der sich außerhalb des Geltungsbereichs der Theorie befindet. Es ist fast so, als würde sich die allgemeine Relativitätstheorie, wenn man sie in Richtung dieser Umstände drängt, unter denen die gesamte Physik abgeschafft zu werden droht, auf die Hinterbeine stellen und um Hilfe rufen.

Und dennoch träume ich von der Zeitreise. Die Zeit hat etwas ganz Persönliches. Als die ersten mechanischen Uhren erfunden wurden und die Zeit in scharfe, regelmäßige Intervalle unterteilten, haben die Menschen vermutlich erstaunt festgestellt, daß die Zeit unabhängig von ihren mentalen und physiologischen Prozessen verstreicht. Die Körperzeit verstreicht mit einem eigenen, variablen Tempo, ohne die höchst genaue Wasserstoffmaser-Uhr im Labor zu beachten. Der menschliche Körper besitzt in der Tat seine eigenen vorzüglichen Uhren, die alle einen eigenen Rhythmus haben. Eine besteht in den Alphawellen im Gehirn, eine andere ist das Herz. Und während der ganzen Zeit ticken die rätselhaften, unbarmherzigen Uhren, die das Altern regulieren.

Der äußere Zeitfluß wird nirgendwo deutlicher als in den Raumzeitdiagrammen, die Hermann Minkowski kurz nach Einsteins erster Theorie entwickelte. Ein

Minkowski-Diagramm ist eine graphische Darstellung, in der die Zeit längs der senkrechten und der Raum längs der waagerechten Achse verläuft. Jeder Punkt in der Darstellung besitzt eine Zeit- und eine Raumkoordinate, vergleichbar Länge und Breite, nur weitaus interessanter. Das Diagramm stellt nicht nur dar, wo etwas ist, sondern auch, wann. In einem Minkowski-Diagramm ist die gesamte bisherige und künftige Lebensgeschichte eines Moleküls oder eines Menschen schlicht und einfach einem unbeweglichen Streckenabschnitt zusammengefaßt. Das alles auf einem einzigen Stück Papier. Es besteht eine beunruhigende Ähnlichkeit zwischen einem Minkowski-Diagramm und einem Familienstammbaum, auf dem mehrere Generationen — von längst verstorbenen Verwandten bis zu Ihnen und Ihren Kindern - unausweichlich auf der Seite abwärts wandern. Ich habe ein dringendes Verlangen, den Fluß aufzuhalten. Kürzlich fand ich die Lieblingspfeife meines Ur-Ur-Großvaters. Papa Joe, wie man ihn nannte, starb vor über siebzig Jahren, lange vor meiner Geburt. Von Papa Joe haben sich nur wenige Fotos und sonstige Erinnerungsstücke erhalten. Aber ich besitze diese Pfeife. Es ist eine feine alte englische Bruyerepfeife mit einem massigen Kopf und einer schönen, klaren Maserung. Im unteren Teil des Stiels ist sie mit einem silbernen Band verziert, in das drei seltsame Symbole eingraviert sind. Ich muß hinzufügen, daß bei gutgewählten Bruyerepfeifen Holz und Tabak so etwas wie eine symbiotische Beziehung eingehen, daß sie Säfte und Aromen miteinander austauschen und der Kopf einen Hauch des Aromas jedes einzelnen Tabaks, der darin geraucht wurde, bewahrt. Papa Joes Pfeife hatte jahrelang versteckt in einer Schublade gelegen und befand sich in gutem Zustand, als ich sie fand. Ich säuberte sie mit einem Pfeifenreiniger, stopfte sie mit etwas Tabak, den ich vorrätig hatte, und machte es mir gemütlich, um zu lesen und zu rauchen. Nach einigen Minuten begann die herrlichste und fremdartigste Duftmischung von der Pfeife auszugehen. All die verschiedenen Tabaksorten, die Papa Joe irgendwann in seinem Leben ausprobiert hatte, all die verschiedenen Gelegenheiten, bei denen er seine Pfeife angezündet hatte, all die verschiedenen Orte, an denen er gewesen war und von denen ich nie etwas erfahren werde - das alles war in diese Pfeife eingeschlossen worden und strömte jetzt ins Zimmer. Ich bemerkte vage, daß etwas in der Zeit auf köstliche Weise verzerrt worden war, auf der Seite nach oben gehüpft war. Man kann durchaus so etwas wie eine Zeitreise erleben, wenn man sich nicht auf eine ganz bestimmte Art versteift.

NACH SEINEM EBENBILD

Kürzlich stieß ich auf eine Sammlung wissenschaftlicher Studien über die Suche nach außerirdischen intelligenten Wesen, die vor einigen Jahren von der NASA veröffentlicht worden war. Das Vorwort zu dem Buch stammt von dem katholischen Theologen Theodore M. Hesburgh, dem Präsidenten der Universität von Notre Dame. Hesburgh spricht davon, daß er (von einem erstaunten Juristen) gefragt wurde, wie er als religiöser Mensch ernsthaft die Möglichkeit anderer bewohnter Welten draußen im All annehmen könne. Seine Antwort: »Gerade weil ich als Theologe daran glaube, daß es ein Wesen namens Gott gibt und daß Er von unendlicher Intelligenz, Freiheit und Macht ist, kann ich es nicht auf mich nehmen, das, was Er geschaffen haben könnte, zu begrenzen.« Der bedeutende Theologe und Philosoph Thomas von Aquin, der sich siebenhundert Jahre früher im Namen zahlreicher Intellektueller seiner Zeit zu diesem Thema äußerte, vertrat die genau entgegengesetzte Auffassung: «Diese Welt wird aufgrund der einheitlichen Ordnung eine genannt... alle Dinge sollten zu einer einzigen Welt gehören.» Für Thomas, der sein Leben lang den Glauben mit der Vernunft zu versöhnen suchte, wurden Gottes Allmacht und Güte besser durch eine einzige, vollkommene Welt verdeutlicht als durch viele, notwendig unvollkommene Welten. Reverend Hesburgh ist - ebenso wie die vielen, die mühelos die Möglichkeit anderer Welten zugestehen - nicht durch sichere wissenschaftliche Beweise zu seiner Auffassung gelangt. Trotz intensiver Suche ist auf dem Mars keinerlei Leben gefunden worden; bislang hat man noch keine Mitteilungen außerirdischer Wesen aus dem All empfangen,- bislang hat man außerhalb unseres Sonnensystems noch kaum Planeten gefunden. Was sich zwischen der Zeit des Aquinaten und der Gegenwart vollzogen hat, war eine Revolution in der Art und Weise, wie wir uns selbst im Gesamtsystem der Dinge sehen. Diese Revolution hat sich vornehmlich im 17. Jahrhundert abgespielt. Sie war ein Element der Entstehung der modernen Wissenschaft, aber sie ging weit über die Wissenschaft hinaus,- sie war ein Element der Anfänge des Protestantismus und des Sieges der natürlichen Theologie über die Heilige Schrift, aber sie ging weit über die Religion hinaus - sie war ein Element der französischen und europäischen Aufklärung. Die Frage nach Außerirdischen, die Frage, ob unsere Intelligenz notwendigerweise einzigartig im Universum ist, berührt die tiefsten Wurzeln unserer Kultur und unserer Identität als Menschen. Die Vorstellung von anderen Welten geht mindestens bis zu den griechischen Atomisten zurück, für die das All von einer unendlichen Anzahl gleichartiger Atome erfüllt ist, die alle den gleichen Naturgesetzen gehorchen. Was immer auf der Erde geschah, muß sich nach einer solchen Auffassung im gesamten Kosmos wiederholen haben. Doch Aristoteles lehnte diese Vorstellung entschieden ab. Alle Dinge setzten sich ihm zufolge aus fünf Elementen zusammen Erde, Luft, Feuer, Wasser und Äther, und jedes Element hatte seinen »natürlichen Ort«. Der natürliche Ort von »Erde« war im Zentrum des Universums, und alle erdartigen Teilchen irgendwo im Universum mußten diesem Ort zustreben. Der natürliche Ort von Äther war in den äußersten

Himmeln, wo der Äther die Sterne bildete. Wasser, Luft und Feuer hatten ihre Orte irgendwo dazwischen. Aristoteles hat jahrhundertlang einen mächtigen intellektuellen Einfluß ausgeübt. Zunächst hat seine Ansicht, daß die Erde im Mittelpunkt des Kosmos stehe, etwas sehr Verführerisches für den gesunden Menschenverstand. Wenn man in einer sternklaren Nacht zum Himmel hinaufschaut, kann man ohne weiteres glauben, daß das Universum um uns kreist und daß die fernen Lichtpunkte aus einem unirdischen Stoff gemacht sind. Alles ist an seinem Platz, dort, wo es hingehört. Thomas machte es zu seinem Anliegen, das Christentum mit der aristotelischen Philosophie zu versöhnen, wo immer es möglich war. Von Aristoteles abgesehen, gab es starke religiöse und emotionale Gründe, die Möglichkeit anderer Welten abzulehnen. In der Heiligen Schrift wird zum Beispiel nur eine Erde erwähnt. Was vielleicht noch wichtiger ist: Der ganze Ton der Bibel läßt ein beruhigendes, persönliches Verhältnis zwischen Mensch und Gott vermuten. Gott wacht über uns. Darüber hinaus war es die verbreitete Auffassung des Mittelalters, daß das Universum hauptsächlich für uns und unsere Zwecke erschaffen wurde. Das Leben ist ohnehin verwirrend. Wer will da schon seine Lebenszeit mit einem zweifelhaften Status verbringen, in einem Kosmos mit ungewissem Ziel? Man hatte es nicht eilig, sich von diesen Vorstellungen zu lösen.

Dennoch konnte nicht jeder so friedlich wie Thomas Glaube und Vernunft miteinander vermählen. Durch die Beschränkung auf eine einzige Welt würde die Allmacht und Schöpferkraft Gottes herabgesetzt, verkündete der Bischof von Paris im Jahre 1227. Das war ein überzeugendes Argument für andere Welten (praktisch das gleiche wie das Hesburghs in dem NASA-Buch), und es tauchte häufig auf. Theologisch war unklar, ob eine Pluralität von Welten Gottes Ruhm mehr oder mindern würde, in den folgenden Jahrhunderten war die Möglichkeit anderer Welten unter Intellektuellen heftig umstritten, 1543 wurde ein entscheidendes neues Element in die Debatte eingeführt, ein wissenschaftliches Element. In diesem Jahr erschien das Werk *De revolutionibus orbium coelestium* (*Über die Umläufe der Himmelskörper*) von Kopernikus. Er erklärte, daß die astronomischen Beobachtungen am besten zusammenpaßten, wenn man statt der Erde die Sonne in den Mittelpunkt des Sonnensystems rückte. Darüber, ob die Schwesterplaneten der Erde erdähnlich oder gar bewohnt seien, verlor Kopernikus kein Wort, aber die Schrift an der Wand war nicht zu übersehen. Das war der Beginn zahlreicher Beiträge der Wissenschaft zur Frage anderer Welten und der Beginn der modernen Wissenschaft selbst. Im Laufe der nächsten anderthalb Jahrhunderte sichtete Galilei mit seinem Fernrohr die Mondgebirge, beobachtete Kepler das plötzliche Auftauchen eines "neuen" Sterns am Himmel, wo vorher keiner gewesen war, und formulierte Newton sein Gravitationsgesetz - alles Argumente für die Möglichkeit anderer Welten.

Es fällt jedoch schwer zu glauben, daß diese technischen Entwicklungen allein den schließlichen Meinungsumschwung herbeiführten. In dieser Hinsicht finde ich es aufschlußreich, daß viele der wissenschaftlichen Argumente jener Zeit auf

wackeligen Beinen standen, daß viele einen komischen Beigeschmack von altertümlichem menschlichem Hochmut und Egoismus hatten und daß sie sich alle in der einen oder anderen Form auf Gott beriefen. Das einleuchtende Versuchsfeld für die Frage, ob außerirdisches Leben existiert, war der Mond, da er in nächster Nähe liegt. Um die Verhältnisse auf dem Mond angenehmer zu machen, nahm Galilei (irrtümlich) an, daß der glatte Rand, den er in seinem Fernrohr sah, durch eine Mondatmosphäre verursacht sei, und daß die dunklen Flecken Mondmeere seien. Der große deutsche Astronom Johannes Kepler zog den (irrigen) Schluß, die Formen und Anordnungen der lunaren Senken seien Anzeichen von Bauwerken intelligenter Wesen - man wird hier unwillkürlich an Percival Lowells berühmte »Beobachtungen« künstlicher Kanäle auf dem Mars am Beginn unseres Jahrhunderts erinnert. Zwar sprach er sich entschieden für die Existenz von Leben auf dem Mond aus, doch bemühte er sich zu zeigen, daß seinen Berechnungen zufolge unsere Sonne der hellste (und folglich der würdigste) Stern der Milchstraße sei. Man wird dieses irrtümliche Resultat vielleicht im Lichte seiner Äußerungen in der *Dissertatio cum nuncio sidereo nuper ad mortales misso a Galiaeo Galilaeo* (1610) verstehen:

»Falls es in den Himmeln Globen ähnlich unserer Erde gibt, wetteifern wir dann mit ihnen darüber, wer den besseren Teil des Universums bewohnt? Denn wenn ihre Globen würdiger sind, sind wir nicht die würdigsten unter den vernunftbegabten Wesen. Wie können dann alle Dinge um des Menschen willen da sein? Wie können wir die Herren von Gottes Schöpfung sein?«

Kepler wollte sich nicht festlegen. Andere bewohnte Welten in unserem Sonnensystem, das ging schon in Ordnung, aber unser spezieller Verein war trotzdem der beste und der intelligenteste. Und der Astronom Thomas Wright bringt in seiner *Original Theory or New Hypothesis of the Universe* (1750) seine Autorität als Wissenschaftler zur Geltung, um die Pluralität von Welten zu unterstützen, erklärt jedoch vorweg, daß »der Ruhm des Göttlichen Wesens natürlich der wichtigste Gegenstand der Betrachtung sein muß", und macht sich diesen Gegenstand in seiner Konstruktion **des Kosmos** zunutze. Das waren Anschauungen, denen weit mehr als nur Wissenschaft zugrunde lag. In dieser Zeit vollzogen sich in der Theologie selbst einschneidende Veränderungen, besonders in England. Man kam immer mehr zu der Auffassung, daß Gott sich mehr in seinen natürlichen Werken als in der Heiligen Schrift offenbare. Man feierte die Natur. Diese gewandelte Anschauung trat schließlich in der Philosophie Rousseaus, in den Naturgedichten von Coleridge und Wordsworth und in den Landschaftsbildern von Turner und Constable zutage. Sie wurde auch auf die Frage der anderen Welten übertragen. Der protestantische Geistliche John Wilkins, der später zum anglikanischen Bischof wurde, stellte 1638 die kühne Behauptung auf, die Nichterwähnung anderer Welten in der Bibel schließe deren Existenz nicht aus. Rund fünfzig Jahre später führte der englische Theologe Richard Bentley die neue »natürliche Theologie« weiter bis zu ihren äußersten Implikationen für den Menschen.

»Wir müssen die Absichten Gottes bei der Erschaffung aller Weltkörper nicht

allein auf menschliche Zwecke und Anwendungen beschränken und bestimmen... Alle Körper wurden für intelligente Wesen gebildet, und da die Erde vornehmlich für das Dasein und den Nutzen und die Kontemplation der Menschen geschaffen wurde, warum sollen dann nicht alle übrigen Planeten für Wesen wie wir geschaffen sein, jeder für seine Bewohner, die Leben und Verstand haben?«

Und in Miltons *Verlorenem Paradies* (1667) antwortet der Erzengel Raphael auf Adams kosmologische Fragen folgendermaßen:

»... Andre Sonnen Erspähst du dort vielleicht mit ihren Monden ... Versehn vielleicht in jedem Stern mit Leben. Denn daß so großer Raum in der Natur Entblößt von Leben und verlassen wäre, darob ist leicht zu streiten.«

Theologische Überlegungen erschienen hier in einem anderen Gewand als vorher. Gott war noch immer eine mächtige und gütige Kraft, aber unter all der Verkleidung hatte sich etwas geändert.

Die Menschheit wurde, wie Bentley es so schön ausgedrückt hatte, bescheiden, zumindest intellektuell. Ein Meilenstein der neuen Demut waren Descartes' *Prinzipien der Philosophie* (1644), die umfassendste Untersuchung der Erkenntnis seit Aristoteles, die das moderne Denken maßgeblich geprägt hat. In den *Prinzipien* macht Descartes sich Gedanken über alles — von der Natur des Denkens selbst über die fünf menschlichen Sinne, die Bewegung von Geschossen, das Verhalten von Flüssigkeiten, Sonnenflecken, die Mechanismen der Gezeiten und die Natur des Geistes bis hin zur Seele. Das mag zwar nicht wie das Vorhaben eines bescheidenen Mannes erscheinen, doch legt Descartes großen Wert auf diese Eigenschaft als Grundlage der Argumentation. Bevor er sich im dritten Teil seines Werkes in die Kosmologie stürzt, warnt uns Descartes, uns in dem Bemühen, Gottes Absichten zu verstehen, nicht allzu viel anzumaßen, und gibt anschließend zu verstehen, daß diese Absichten höchstwahrscheinlich nicht alle zu unserem Wohle sind. Im übrigen folgt die Natur - und das gilt in dem ganzen unendlichen, nicht-anthropozentrischen Kosmos Descartes' — universalen Gesetzen. Die Natur ist ein einziges mechanisches System, in dem Flüssigkeiten und Sonnenflecken hiernach denselben Regeln tanzen wie überall im Kosmos. Descartes' Ideen trieben wie Pfeifenrauch durch die Salons in Holland, Frankreich, Deutschland und England, Seine wissenschaftlichen Einzelheiten wurden zwar bald von Newtons *Prinzipien* hinweggefeht, doch seine Neubestimmung der Stellung des Menschen im Universum hatte tief eingeschlagen und blieb haften. Hinter Bentleys Äußerungen steckt, so scheint es, ebensoviel von Descartes wie von Kopernikus. 1686 erfuhr Descartes' Philosophie ihren wohl literarischsten und meistgelesenen Ausdruck in den klassischen *Gesprächen über die Vielheit der Welten* von Bernard le Bouvoir de Fontenelle. Fontenelle - Schriftsteller, Philosoph, ein halbes Jahrhundert lang Sekretär der französischen Akademie der Wissenschaften und eine bedeutende Gestalt der französischen Aufklärung - besaß eine unübertreffliche Fähigkeit, dem breiten Publikum die Wissenschaft zu vermitteln. In den *Gesprächen* trifft sich Fontenelle an mehreren Abenden

mit einer gebildeten Dame zu einem angenehmen Gespräch. Während sie durch den Park schlendern, entfaltet er vor ihr das neue Universum von Kopernikus und Descartes, in einer nicht fachlichen, geistreichen, poetischen Sprache. Es ist ein Universum, in dem die Natur einer Uhr gleicht, und es ist ein nicht zu unserer Bequemlichkeit geschaffenes Universum. Es ist ein Universum, in dem bewohnte Planeten um andere Sonnen kreisen. Bereits zu Fontenelles Lebzeiten erreichten die *Gespräche* achtundzwanzig Auflagen. Schon ein Jahr nach Erscheinen wurden sie ins Englische und später ins Deutsche übersetzt. Bald erschienen andere vielgelesenen Bücher mit derselben Botschaft. Bei Anbruch des 18. Jahrhunderts war die Möglichkeit anderer Welten unbemerkt zu einem Bestandteil der westlichen Kultur geworden. Soviel zu einer kurzen Geschichte einer sehr bedeutenden Idee. Heute haben die meisten von uns, ohne lange darüber nachzudenken, eine bescheidene Auffassung von unserer Stellung im Universum. Die Gebeine unserer Vorfahren haben große Ähnlichkeit mit den Gebeinen von Affen. Wir haben Bilder unseres zerbrechlichen Planeten gesehen, die vom Mond aus aufgenommen wurden. Steine aus dem All sind in unsere Hinterhöfe gestürzt.

Neulich ging ich zu einer Nachbarin hinüber, einer frisch geweihten Priesterin der Episkopalkirche, und fragte sie, was sie von Außerirdischen hielte. Sie fand sie prima. Wie sie reagieren würde, wenn wir morgen mit ihnen Kontakt aufnähmen, wollte ich wissen. Sie würde gern ihr Wertsystem kennenlernen, antwortete sie.

FATA MORGANA

Im Südosten Persiens liegt die Stadt Khasahabriz. Kaum einer ihrer Einwohner hat je ihre Grenzen überschritten, denn sie ist umschlossen von einer äußeren Stadt, einem Ring von Burgen und Pilastern, die sich wie eine Gebirgskette über den Horizont erheben. Hin und wieder blitzen Aquädukte und Fenster in der Ferne auf, lösen sich dann aber in nichts auf. Manch einer hat sich zu jener äußeren Festung vorgewagt, mußte indes feststellen, daß die Burgen im gleichen Maße zurückwichen, was ihn von weiteren Erkundungen absehen ließ. Es heißt, mit der Zeit finde sich ein Bewohner von Khasahabriz damit ab, eingesperrt zu sein, immer nur dieselben Kopfsteinpflasterstraßen zu durchwandern, an den immerselben, mit Datteln, Weizen und Zuckerrüben gefüllten Marktständen vorbeizukommen, immer dieselbe staubige Luft zu atmen, seine Kinder mit den Kindern von Nachbarn zu verheiraten. Wenn gelegentlich Karawanen und Nomaden in die Stadt geraten, bleiben sie.

Wie Zarathustra hat die Stadt sich nach und nach in sich zurückgezogen, zufrieden mit ihrer Isolierung. Kein Kattun in der Außenwelt könnte so seidig sein wie der Kattun in Khashabriz, keine Keramik so zart, kein Dichter so bezaubernd. Was könnte es also für einen Grund geben, die Stadt zu verlassen? Mit den Jahren haben sich unter den Bürgern von Khashabriz verschiedene Theorien darüber entwickelt, woher die fernen, nebelhaften Türme stammen. Einer Theorie zufolge wurden sie vor Urzeiten von den Gründern erbaut, um Schutz vor der unbekannten Welt draußen zu gewähren. Nach einer anderen wurden sie von auswärtigen Handwerkern als Sperre errichtet, aus Furcht vor der Konkurrenz der sorgfältigen Silberarbeiten und der phantastischen Teppiche, die in der inneren Stadt hergestellt werden. Es gibt ebenso viele Theorien wie Leute, die sie am Spätnachmittag in den überwölbten Gassen der Basare und auf den Terrassen zum Zeitvertreib diskutieren. Über eines besteht Einigkeit: Niemand wohnt in dieser äußeren Festung, denn nachts, wenn in Khashabriz die Tavernen und die Häuser hell erstrahlen, ist es dort draußen stockfinster. Außer im Schlaf. Vor langer Zeit wurde entdeckt, daß die Türme in jedem Traum eines jeden Bürgers von Khashabriz aufragen, so wie sie bei Tag hinter jedem Laden, jedem Haus, jeder Arkade im Hintergrund schweben.

Eine kleine Gruppe hiesiger Wissenschaftler, die für ihre Objektivität bekannt sind, hat behauptet, die Burgen der Umgebung seien nur eine Fata Morgana, die Menschen könnten jederzeit entkommen. Sie sagen, Unregelmäßigkeiten in der Atmosphäre würden Lichtstrahlen brechen, die Luft könne wie eine verformte Linse wirken, bestimmte Bilder verzerren und andere erzeugen. Ähnliche Effekte, sagen sie, zerstückeln das Bild eines Löffels, der zur Hälfte ins Wasser getaucht ist. Ihr Theoretisieren spielt sich hauptsächlich nach dem Abendessen in einem kleinen Café ab, und es würde die ganze Nacht weitergehen, wenn sie nicht zum Schlafen von ihren Angehörigen nach Hause geholt würden.

Angelpunkt ihrer Theorie ist eine eigentümliche Tatsache: Wenn die Dichte der Luft mit der Höhe über dem Boden abnimmt, wie es bei steigender Temperatur der Fall ist, wird das Licht auf seiner Bahn abwärts gebeugt, und Bilder

verschieben sich aufwärts. Wer aus den Lichtstrahlen, die in seine Augen gelangen, die Realität zu rekonstruieren sucht, hat den Eindruck, sich in einer riesigen Schüssel zu befinden, und das Bild des Erdbodens wölbt sich für ihn auf zu einer fernen Wand. Durch verwickelte Schichtungen der Atmosphäre können dort, wo Glätte war, Türmchen, und dort, wo einheitliches Grau herrschte, Streifen entstehen. Kaum einer schenkt dieser Erklärung Glauben. Warum sollte die Lufttemperatur Tag für Tag mit der Höhe über dem Boden zunehmen? Darauf antworten die Wissenschaftler, daß das Land um Khashahbriz zufällig durch einen unterirdischen See, der mit dem Golf von Oman verbunden ist, abgekühlt wird, während die Luft in mehreren Metern Höhe durch die ständige Sonneneinstrahlung und Gebirgswinde erwärmt wird. Gefangen zwischen der Kälte unten und der Wärme oben, hat die Luft keine Wahl. Warum aber schimmern die fernen Burgen, als würden sie Licht reflektieren? Darauf antworten die Wissenschaftler, daß der Wind die Luft ständig bewegt, so daß die Schichten unterschiedlicher Dichte sich vermischen und ein rasch wechselnder Fokus entsteht. Man stellt den Physikern eine letzte Frage, die sie verstummen läßt. Warum sind sie, wenn die äußere Festung nur eine Täuschung ist, in Khashabriz geblieben? Darauf wissen sie nichts zu antworten, und sie kehren zu ihren Gleichungen zurück, so wie der Bäcker, nachdem er sich diese sonderbaren Ideen angehört hat, in seinen Laden zurückkehrt. Einige der Wissenschaftler haben ihre unpopuläre Theorie ohne Beweis oder Widerlegung stillschweigend aufgegeben. Andere sind zu Philosophen geworden und behaupten, daß nichts existiere, daß alles eine Fata Morgana sei. Mit denen, die sie zu ihrer Ansicht bekehrt haben, sitzen sie täglich in den Bädern, in den Räumen, wo das Wasser immer wärmer wird, und bemerken nicht, ob ihre Augen geöffnet oder geschlossen sind. Einem Fremden fällt es schwer, die Stadt Khashabriz zu verstehen. In mancher Hinsicht ist es eine normale Stadt. Kinder laufen in den mit Fliesen ausgelegten Höfen hinter Ziegen und Schafen her, Liebende pressen sich in dunklen Winkeln aneinander, der Gebetsruf des Mullah erschüttert den Morgen. Doch mitten in der Nacht sind die leeren Straßen vom Ächzen der Schlafenden erfüllt, und nach dem Erwachen kann niemand dem anderen ins Gesicht sehen, so als schuldete jeder dem anderen Geld. Und die fernen Türme schweben im Hintergrund, vermischt mit Stein und Luft, einschüchternd, stumm.

EIN ATOM SPALTEN

Im Frühling 1962 baute unsere Familie im Garten hinter dem Haus einen Atombunker. Der Präsident der Vereinigten Staaten war im Fernsehen erschienen, hatte mit seinem Finger auf uns gezeigt und uns befohlen, hinauszugehen und einen Bunker zu bauen. Einige Monate vorher hatte die Regierung in fünfundzwanzig Millionen Exemplaren eine Broschüre mit dem Titel »Schutz vor radioaktivem Niederschlag: Was tun bei einem Atomschlag?« verteilt. Ich war vierzehn und hatte Angst, das fünfzehnte Jahr nicht mehr zu erleben, und weil ich Abend für Abend am Eßtisch darum bettelte, während meine drei jüngeren Brüder still dabeisaßen, ließen meine Eltern sich schließlich dazu bewegen, im Garten ein Loch auszuheben und einen Atombunker hineinzustellen. Er kostete 3000 Dollar, genau den Preis des »H-Bomb Hideaway«, der 1955 in der Zeitschrift *Life* groß herausgestellt worden war. Das Ding wurde gerade rechtzeitig für die Kubakrise fertig.

*

Ein kurzbeiniger Mann, der gern wanderte, löste am 2. Dezember 1942 in einer nicht mehr benutzten Squashhalle an der Universität Chicago die erste, von Menschen verursachte nukleare Kettenreaktion aus. Sein Name war Enrico Fermi. Bei Fermis Kettenreaktion prallt ein subatomares Teilchen, Neutron genannt, auf den Kern eines Uranatoms, spaltet ihn in zwei Teile und setzt dabei Energie frei. Ein Urankern hat eine ganze Menge eigene Neutronen, und einige davon fliegen nach der Spaltung zusammen mit den beiden Hauptspaltprodukten davon, jedes auf seiner eigenen Bahn. Jedes der hervorgelockten Neutronen trifft schließlich auf einen anderen Urankern, spaltet ihn in zwei Teile, setzt mehr Energie und weitere Neutronen frei, und die Aktivität nimmt rasch zu und wird schneller und schneller. Man kann die Urankerne vergleichen mit einer Menge von in einem Raum aufgestellten, gespannten Mausefallen, jeweils mit mehreren Pingpongbällen beschickt, die darauf warten, in die Luft zu springen, wenn die Feder gelöst wird. Man braucht nur einen einzigen Ball mitten hinein zu werfen, und bald werden überall Pingpongbälle herum schwirren. Daß seine Kettenreaktion außer Kontrolle geriet, verhinderte Fermi dadurch, daß er laufend einen Teil der Neutronen herausnahm; genauso kann man das ungehemmte Aufspringen der Mausefallen dadurch verlangsamen, daß man einige der Bälle in der Luft abfängt, bevor sie auf gespannten Fallen landen. Fermi war in der Physik des 20. Jahrhunderts insofern eine Ausnahmeerscheinung, als er in Theorie und Experiment gleichermaßen glänzte. An nukleare Kettenreaktionen hatte er zusammen mit anderen schon Anfang 1939 gedacht. Die Idee der Spaltung überhaupt war damals erst einige Monate alt. Vor 1938 waren alle überzeugt, daß Atomkerne mehr oder weniger heil bleiben und nur die Kerne bestimmter Elemente allmählich zerfallen, wobei sich jeweils nur einige kleine Teilchen abspalten. Die Emission dieser Teilchen bezeichnet man als Radioaktivität. Es war der französische Physiker Antoine-Henri Becquerel, der

1896 als erster die von Uran ausgehende Radioaktivität entdeckte, und kurz darauf beobachtete das Ehepaar Pierre und Marie Curie sie bei einem anderen Element, dem Radium, das, während es winzige Teilchen ausschleuderte, allmählich an Gewicht verlor.

Zu Beginn unseres Jahrhunderts wußten die Wissenschaftler nicht, wo im Atom die Radioaktivität ihren Ursprung hatte. Man stellte sich die Atome als massive Kugeln aus gleichmäßig verteilten positiven elektrischen Ladungen vor, umgeben von negativ geladenen Teilchen, den Elektronen. Das 1897 entdeckte Elektron war eindeutig ein subatomares Teilchen. Seine bloße Existenz widersprach der Vorstellung der alten Griechen, daß das Atom unteilbar sei.

Doch über das Innere des Atoms wußte man praktisch nichts. Da entdeckte Ernest Rutherford 1911 durch ein wunderbar einfaches Experiment den Atomkern. Rutherford feuerte subatomare Teilchen auf eine dünne Goldschicht. Als Geschosse benutzte er Alphateilchen, welche die Curies bei ihren Forschungen zur Radioaktivität entdeckt hatten und von denen bekannt war, daß sie etwa ein Fünfzigstel vom Gewicht eines Goldatoms haben. Falls, wie man glaubte, die positive Ladung in einem Atom über sein gesamtes Volumen gleichmäßig verteilt war, durften die Alphateilchen bei der Durchdringung der beschossenen Goldatome nur auf geringen Widerstand stoßen. Doch manche prallten direkt zurück, ein Zeichen, daß sie auf etwas Hochkonzentriertes gestoßen waren. Rutherford hatte entdeckt, daß das Atom überwiegend aus leerem Raum besteht, mit einem ganz winzigen Zentrum aus positiver Ladung, das in großer Entfernung von den Elektronen umkreist wird. Das dichte Zentrum, der Kern des Atoms, enthält die gesamte positive Ladung des Atoms und über 99,9 Prozent seines Gewichts. Der Kern ist ungefähr

hunderttausendmal kleiner als das Atom insgesamt. Lord Rutherford, der eine dröhnende Stimme besaß, hatte eine entschiedene Vorliebe für einfache, handfeste Experimente, und dies war bestimmt ein solches. Außerdem hatte er einen hervorragenden Riecher für Vorhersagen. Seine Experimente hatten gezeigt, daß die positiv geladenen Teilchen des Atoms, die Protonen, im zentralen Kern sitzen. Nun sagte er zutreffend voraus, daß die Protonen ihren nuklearen Wohnsitz mit anderen, ungeladenen Teilchen teilen, die man später Neutronen nannte. Zu den Mitarbeitern Rutherfords von 1901 bis 1903 gehörte ein Mann namens Frederick Soddy, der später mit dem Nobelpreis für Chemie ausgezeichnet wurde. Zusammen arbeiteten sie über die Radioaktivität. Soddy war beeindruckt von der Energie, die aus den Tiefen des Atoms aufstieg. Schon 1903 äußerte er sich im *Times Literary Supplement* über die latente innere Energie des Atoms, und 1906 schrieb er an anderer Stelle, daß friedliche Vorteile für die Gesellschaft zu erwarten seien, wenn man den Schlüssel fände, »um diesen phantastischen Energiespeicher zu erschließen«. Soddy besaß ungewöhnlichen Weitblick. Das gilt auch für H.C. Wells, der über wissenschaftliche Entwicklungen immer auf dem laufenden war und den Bemerkungen solcher Männer wie Soddy große Aufmerksamkeit schenkte. 1914 erschien ein weniger bekannter Roman von ihm, *The World Set Free* (Befreite

Welt), in dem er einen Weltkrieg in den 1930er Jahren beschreibt, in dessen Verlauf alle Großstädte der Welt durch ein paar »Atombomben« von der Größe eines Wasserballs zerstört werden. 1934 kam die Entdeckung der Kernspaltung auf verschiedenen Wegen in Gang. In diesem Jahr entdeckten Irene Curie, die Tochter von Marie und Pierre, und ihr Mann Frederic Joliot die »künstliche« Radioaktivität. Bis dahin hatte man alle radioaktiven Substanzen aus Mineralien und Erzen gewonnen, Joliot und Curie stießen auf die Möglichkeit, durch Beschuß nicht radioaktiver Elemente mit Alphateilchen radioaktive Elemente zu *schaffen*. Bestimmte stabile Atomkerne, die es zufrieden waren, auf immer stillzusitzen, konnten offenbar instabil gemacht werden, wenn man sie zwang, zusätzliche subatomare Teilchen aufzunehmen. Die gewaltsam vergrößerten Atomkerne begannen in einem angeregten Zustand, Stückchen von sich auszuspuken, genau wie bei der »natürlichen« Radioaktivität. Der damals in Rom tätige Enrico Fermi ließ sich von der Arbeit von Joliot-Curie inspirieren, beschloß jedoch zu prüfen, ob man nicht statt mit Alphateilchen mit Neutronen radioaktive Kerne erzeugen könne. Da Alphateilchen positiv geladen sind, werden sie vom positiv geladenen Kern teilweise abgestoßen, wohingegen es den ungeladenen Neutronen, so Fermis Überlegung, leichter fallen mußte, in den Kern vorzudringen. Nachdem diese Experimente erfolgreich verlaufen waren, beschloß Fermi den massereichen Urankern, der über zweihundert Protonen und Neutronen enthält, um zu sehen, was passieren würde. Genau wie andere nahm er selbstverständlich an, daß durch den Neutronenbeschuß von Uran Kerne mit einem ähnlichen Gewicht wie Uran entstehen würden. Dann fanden Ende 1938 die akribischen Radiochemiker Otto Hahn und Fritz Strassmann unter den Überresten von beschossenem Uran etwas Barium, ein Element, das ungefähr halb so viel wiegt wie Uran. Anfangs hatte ihre Probe kein Barium enthalten. Offenbar waren einige Urankerne in zwei Teile gespalten worden. Im Dezember 1938 schickte Hahn Lise Meitner, seiner Mitarbeiterin seit dreißig Jahren, einen Brief, in dem er seine merkwürdigen Resultate beschrieb. Meitner, eine geachtete und beliebte Physikerin am Berliner Kaiser-Wilhelm-Institut, war als Jüdin fünf Monate zuvor nach Schweden geflohen. Ihr Neffe, der Physiker Otto Frisch, der sie zu Weihnachten besuchte, sagte über die Begegnung: »Dort, in einem kleinen Hotel in Kungälv bei Göteborg, fand ich sie beim Frühstück über einem Brief von Hahn brütend. Ich hatte Zweifel an dem Inhalt - daß aus Uran durch Neutronen Barium entstanden sein sollte -, aber sie blieb dabei. Wir gingen im Schnee auf und ab.« Bei ihrem Spaziergang zerbrachen sich Frisch und seine Tante den Kopf darüber, wie ein einziges, sich langsam bewegendes Neutron einen riesigen Urankern halbieren konnte. Man wußte, daß die Protonen und Neutronen in einem Atomkern durch starke Anziehungskräfte zusammengehalten werden — die gegenseitige elektrische Abstoßung der Protonen würde sie sonst auseinander sprengen. Wie konnte ein einziges Neutron so viele anziehende Bindungen zerreißen? Frisch und Meitner erkannten, daß die Lösung in einer Idee lag, die der führende dänische Physiker Niels Bohr entwickelt hatte. 1936 hatte er vermutet, daß die Teilchen in einem

Atomkern sich kollektiv verhalten, ähnlich wie ein Flüssigkeitstropfen. Wenn es gelänge, so die Überlegung von Frisch und Meitner, einen solchen Tropfen aus der normalen Kugelform ein wenig zu deformieren, würden die Abstoßungskräfte der Protonen gegenüber den Anziehungskräfte allmählich die Oberhand gewinnen. Die anziehende Kernkraft zwischen zwei Kernteilchen läßt mit zunehmendem Abstand sehr schnell nach, während die elektrische Abstoßungskraft weitaus langsamer abnimmt. Wenn man eine Kugel aus Teilchen abflacht, wächst der mittlere Abstand zwischen den einzelnen Teilchen. Wenn man sie genügend, abflacht, gewinnen die Abstoßungskräfte die Oberhand, zerspalten sie und sprengen die beiden Hälften mit großer Geschwindigkeit auseinander. Frisch und Meitner errechneten, daß der Urankern für solche Deformationen sehr anfällig war und daß ein kleiner Schubs von einem winzigen Neutron genügte, ihm den Rest zu geben. Nach ihren Berechnungen mußte eine ungeheure Energie frei werden. Frisch kehrte einige Tage später nach Kopenhagen zurück und schaffte es gerade noch, Bohr von dem Ergebnis zu unterrichten, weil dieser sich auf dem schwedisch-amerikanischen Linienschiff MS *Drottningholm* nach New York einschiffte. Bohr, der gewöhnlich sehr leise sprach, schlug sich sofort an die Stirn und sagte: »Ach, was waren wir für Idioten!« Bei der Beschreibung des Vorgangs prägte Frisch den Begriff »Spaltung«, in Analogie zur Zellteilung in der Biologie. Drei Physikergruppen, unter ihnen Leo Szilard an der Columbia University und Walter Zinn, blieb es vorbehalten, im März 1939 den Beweis zu führen, daß beim Neutronenbeschuß eines Urankerns mehrere neue Neutronen freigeschlagen werden. Damit war bewiesen, daß Kernreaktionen möglich sind, wie Fermi vermutet hatte.

Es blieb Bohr in Princeton vorbehalten, rechnerisch zu zeigen, daß sich nur mit einer seltenen Form von Uran, genannt U 235, die etwa ein Prozent des natürlichen Vorkommens des Elements ausmacht, eine Kettenreaktion aufrechterhalten läßt. Darum war die Welt noch nicht von selbst in die Luft geflogen. Für den Betrieb eines Kernreaktors mußte U 235 aussortiert und angereichert werden. Das ließ sich machen. Es ließ sich auch von den Deutschen machen. Am 2. August 1939 schickte Albert Einstein Präsident Roosevelt einen Brief: »Sehr geehrter Herr! Einige mir im Manuskript vorliegenden neuen Arbeiten von E. Fermi und L. Szilard lassen mich annehmen, daß das Element Uran in naher Zukunft in eine neue wichtige Energiequelle verwandelt werden könnte, und es ist vorstellbar ... daß gewaltige Bomben eines neuen Typs auf diesem Wege konstruiert werden können ...«

Gewaltig, in der Tat. Die Spaltung eines Gramms Uran erzeugt etwa zehn Millionen mal soviel Energie wie die Verbrennung von einem Gramm Kohle und Luft oder die Detonation von einem Gramm TNT. Was macht die Kernenergie soviel durchschlagender als jede zuvor bekannte Energieform? Bei der Explosion von TNT und der Verbrennung von Kohle wird chemische Energie frei, die in der einen oder anderen Form seit Jahrtausenden von Menschen genutzt wird. Chemische Energie beruht auf der Umgruppierung der

Elektronen in den äußeren Teilen des Atoms. Kernenergie der von uns erörterten Art beruht auf der Umgruppierung der Protonen im Kern des Atoms. Weil Protonen in ein viel kleineres Volumen gepfercht sind als Elektronen, sind ihre elektrischen »Sprungfedern sehr viel stärker zusammengedrückt und folglich, wenn sie freigelassen werden, sehr viel heftiger. Kernenergie ist ungefähr um denselben Faktor wirksamer als chemische Energie, um den das Atom größer ist als der Kern. (Eine noch wirksamere Form von Kernenergie beruht auf der Verschmelzung kleiner Kerne statt auf der Spaltung großer.) Die Kernenergie wurde, wie Soddy vorhergesagt hatte, für friedliche Zwecke genutzt. Das erste Atomkraftwerk ging 1956 in Lemont, Illinois, in Betrieb. Leider hat die Kernenergie, die anfangs versprach, »so billig zu sein, daß es sich nicht lohnt, den Verbrauch zu messen«, die Probe wirtschaftlich bisher nicht bestanden. Die zweiundachtzig Kernkraftwerke, die 1984 in den Vereinigten Staaten genehmigt waren, lieferten nur etwa dreizehn Prozent des gesamten Strombedarfs und krankten an Betriebs- und Konstruktionsproblemen. In einigen europäischen Ländern waren die Ergebnisse besser, doch Kohle und Erdöl blieben die Hauptenergiequellen des 20. Jahrhunderts.

Die Kernenergie hat allerdings die Bedeutung des Krieges dramatisch verändert. Jede neue Waffe erschien zu ihrer Zeit als ein riesiger Fortschritt gegenüber ihren Vorläufern - die Wurfmaschine der alten Römer, der Langbogen der Engländer im Mittelalter, die Schießpulverartillerie im 14. Jahrhundert, TNT im Jahr 1890 -, doch das waren winzige Schritte, verglichen mit dem Sprung von chemischen zu nuklearen Waffen. Von den 101 V-1-Raketen, die am 28. August 1944 auf London zuflogen, wurden 97 abgefangen, ein bemerkenswerter Erfolg der Verteidigung. Wären es Atombomben gewesen, hätten die vier, die ihr Ziel erreichten, ja, schon eine der vier, die ganze Stadt dem Erdboden gleichmachen können. Die Vereinigten Staaten und die ehemalige Sowjetunion besitzen heute je zwanzigtausend solcher Bomben, die kurzfristig abgeschossen werden können. *Verteidigung* und *Sieg*, diese altehrwürdigen Begriffe des Krieges, haben in unserem Atomzeitalter plötzlich ihre Bedeutung verloren. Die Kernwaffen verlangen von uns, für Krieg und Frieden und für die Rüstung als solche neue Begriffe zu finden.

Schon in Friedenszeiten haben Kernwaffen unser Sicherheitsgefühl beeinträchtigt. Die Lehrervereinigung »Educators for Social Responsibility« stellte 1980 in einer landesweiten Befragung fest, daß achtzig Prozent der Schüler an High Schools einen Atomkrieg innerhalb der nächsten zwanzig Jahre für wahrscheinlich hielten und daß neunzig Prozent dieser Schüler glaubten, die Welt werde ihn nicht überleben. Sind die psychologischen Folgen solcher Zukunftsvisionen überhaupt zu messen?

Nach einem in letzter Zeit verbreiteten Eindruck hat die Technik und speziell die Atomtechnik sich verselbständigt und treibt die Welt ins Verderben. Wir Menschen sind danach bloße Zuschauer und sehen hilflos unserem Schicksal entgegen. Unsere scheinbare Hilflosigkeit gegenüber den Atomwaffen entspringt nach meiner Ansicht mehr der *Abstraktheit* der Gefahr als unserer Un-

fähigkeit, sie aufzuhalten. Nach der Zerstörung Pompejis im Jahre 79 ist der Vesuv noch neun weitere Male explodiert, ehe ein weiterer starker Ausbruch 1631 etliche Dörfer an seinen Hängen zerstörte und dreitausend Menschen tötete. Vorher waren die Dörfer sechs Monate lang von Erdbeben erschüttert worden. Warum sind die Menschen weiter ihren Geschäften nachgegangen, in unmittelbarer Nachbarschaft eines aktiven Vulkans? Bei dem großen Erdbeben von 1906 kamen in San Francisco rund siebenhundert Menschen um, und Fachleute rechnen damit, daß der Gegend wieder ein großes bevorsteht. Warum bauen Leute noch immer ihre Häuser über der San-Andreas-Verwerfung? In diesen Beispielen wie im Atomkrieg hat die Katastrophe einen Alles-oder-nichts-Charakter, und ihre Wahrscheinlichkeit erscheint entweder gering oder unberechenbar. Natürlich können wir von Atomwaffen nicht einfach wegziehen, so wie wir von Vulkanen und geologischen Verwerfungen wegziehen können, aber die psychologische Haltung ist möglicherweise dieselbe. Menschen sind offenbar auch dann, wenn sie eine Alternative haben, bereit, eine gefährliche Situation hinzunehmen, solange sie die Gefahr wegabstrahieren können. Die Entdeckung der Kernspaltung hat die Welt, um Freeman Dyson zu zitieren, in eine tiefe Klemme gebracht. Wir haben uns in einen atomaren Rüstungswettlauf verrannt, wir kleben an veralteten Begriffen von Krieg und Frieden, wir kleben an unserer menschlichen Natur. Falls es uns gelingt, aus dieser Klemme herauszukommen, wird man unsere Zeit in tausend Jahren vielleicht nicht so sehr mit der Erschließung des Atoms in Verbindung bringen als vielmehr damit, daß wir uns selbst aufgeschlossen haben

ABGELAUFENE ERWARTUNGEN

Ihre Spitzenleistung erreichen Naturwissenschaftler und Sportler generell in einem frühen Alter. Isaac Newton war Anfang zwanzig, als er das Gravitationsgesetz entdeckte, Albert Einstein war sechsundzwanzig, als er die spezielle Relativitätstheorie formulierte, und James Clerk Maxwell hatte mit fünfunddreißig die elektromagnetische Theorie abgeschlossen und zog sich aufs Land zurück. Als ich fünfunddreißig wurde, habe ich mich der unangenehmen, aber unwiderstehlichen Übung unterzogen, eine Bilanz meiner Laufbahn als Physiker zu ziehen. Die kreativsten Leistungen sind in diesem Alter - vielleicht kann man noch ein paar Jahre zuschlagen - abgeschlossen und erkennbar. Entweder hat man das Zeug und hat etwas daraus gemacht, oder man hat es nicht.

In meinem Fall wie bei der Mehrheit meiner Kollegen bin ich zu dem Schluß gekommen, daß meine Leistung respektabel, aber nicht brilliant war. Nun gut. Leider muß ich jetzt entscheiden, was ich mit dem Rest meines Lebens anfangen. Meine fünfunddreißigjährigen Freunde, die Anwälte und Ärzte und Geschäftsleute sind, streben weiterhin ihrem Gipfel entgegen, haben dafür möglicherweise noch fünfzehn Jahre vor sich und wissen zu ihrem Glück nicht, wie hoch sie es schaffen werden. Es ist schrecklich, in einem solchen Alter seiner Beschränkungen voll bewußt zu werden.

Warum erreichen Naturwissenschaftler ihren Höchststand früher als die meisten anderen Berufsgruppen? Niemand weiß es mit Sicherheit. Ich vermute, daß es mit dem Konzentrations- und dem Abstraktionsvermögen zusammenhängt, die in diesem Fachgebiet gefordert sind. Eine Geschicklichkeit, sich etwas in sechs Dimensionen vorstellen zu können oder die Bewegung eines Pendels zu abstrahieren, kommt zwar einem beweglichen Geist in den Naturwissenschaften sehr zustatten, steht aber mit anderen Dingen offenbar in keinem Zusammenhang. In den Geisteswissenschaften ist dagegen Lebenserfahrung gefordert, eine Erfahrung, die mit dem Alter wächst und sich vertieft. Geht das Bemühen in den Naturwissenschaften letztlich dahin, mit der reinen Logik der Mathematik und der physikalischen Welt in Verbindung zu treten, so in den Geisteswissenschaften mit den Menschen. Sogar innerhalb der Naturwissenschaften ist eine aufschlußreiche Tendenz zu beobachten. Je weiter man von den reinen und in sich geschlossenen Wissenschaften zu den eher praktisch orientierten fortschreitet, desto später im Leben entstehen die bahnbrechenden Leistungen. Das durchschnittliche Aufnahmealter in die englische Royal Society ist am niedrigsten bei den Mathematikern. In der Physik beträgt das Durchschnittsalter, in dem Nobelpreisträger ihre preisgekrönte Leistung vollbringen, sechsunddreißig, in der Chemie neununddreißig, und so weiter.

Ein anderer Faktor ist der enorme Druck, Verwaltungs- und Beratungsaufgaben zu übernehmen, der einen in der Mitte der Dreißiger überfällt und einem kaum Zeit für andere Dinge läßt. Diesen Druck gibt es natürlich auch in anderen Berufen, aber mir scheint, daß er in einem Fachbereich, in dem das Talent seine

Blütezeit in relativ jungen Jahren erreicht, früher eintritt. Wissenschaftliche Führungsfunktionen verlangen zwar ein eigenes Talent, doch Quelle der Anerkennung - und der Aufforderung, Führungsaufgaben zu übernehmen - bleibt letztlich die eigene fachliche Leistung. Wie in vielen anderen Berufen auch, können die administrativen und politischen Posten, die einem in Anerkennung bisheriger Leistungen verliehen werden, künftige Leistungen zunichte machen. Man kann solche Posten höflich ablehnen, aber vielleicht lockt die Versuchung, sie anzunehmen, stärker, wenn man sich nicht ständig in neue Forschungen stürzt.

Einige meiner Kollegen machen sich wie ich Gedanken über diesen Wechsel, manche wollen ihn nicht wahrnehmen, und manche machen sich fröhlich und ohne Bedenken an die Verwaltungs- und Lehraufgaben. Die Mitwirkung in staatlichen Beratergremien kommt der Wissenschaft insgesamt und dem ganzen Land zugute: hier können erfahrene Wissenschaftler ihr fachliches Wissen der Gesellschaft zur Verfügung stellen. Es kann befriedigend sein, Lehrbücher zu verlassen, und so entsteht der Boden, in dem neue Ideen Wurzeln fassen können. Die meisten versuchen außerdem, noch irgendetwas in der Forschung zu machen. Gern umgibt man sich nach und nach mit einer großen Schar von Jüngern, verabfolgt den phantasievollen jungen Leuten seine Weisheiten und findet möglicherweise Gefallen an der Autorität. Wissenschaftler, die Charisma und Führungsqualität besitzen, tragen auf diese Weise eine Menge bei. Eine andere, subtilere Taktik besteht darin, die Zügel nicht aus der Hand zu geben, aber auf immer dünnere Pferde umzusatteln (Was leicht zu erreichen ist, indem man sein Tätigkeitsgebiet verengt, um der »weltweit führende Fachmann« zu bleiben.) Oder man begnügt sich damit, in der Forschung unverdrossen weiterzumachen wie bisher, unbekümmert darum, daß die geistigen Kräfte nachgelassen haben. Das eine Prozent der Wissenschaftler, die in ihrem Fach wirklich Glänzendes geleistet haben, kann mit gutem Erfolg auf diese Weise fortfahren, weit über das Höchstleistungsalter hinaus. Mir bietet keine dieser Aktivitäten einen annehmbaren Ausweg. Über meine Leistungen als Wissenschaftler gebe ich mich keinen Täuschungen hin, aber hin und wieder hatte ich doch meinen großen Augenblick, und ich kenne das Glück, wenn man, allein am Schreibtisch sitzend, nur mit Papier und Bleistift versehen, ein Rätsel gelöst hat, das niemand bis dahin verstanden hat, und sich wundert, wie es passiert ist. Das sind, zauberhafte Momente, die durch nichts zu ersetzen sind. Als ich einmal im Sommer eine Konferenz über Astrophysik leitete und mir plötzlich bewußt wurde, daß der Großteil der aufregenden Forschungsergebnisse von ehrgeizigen jungen Leuten Mitte der Zwanziger vorgetragen wurde, die mit ihren Berechnungen und Ideen herumwedelten und in ihrem Eifer kaum dazu kamen, die Leistungen ihrer Vorgänger anzuerkennen, da hätte ich auf der Stelle mit ihnen getauscht. Es ist nicht die Lehre und nicht die Verwaltung, sondern das Schöpferische an meinem Beruf, was mich begeistert. In dieser Hinsicht stimme ich dem großen Mathematiker G. H. Hardy bei, der (mit dreiundsechzig Jahren) schrieb, daß »es die Aufgabe eines Mathematikers ist, etwas zu tun, neue

Theoreme zu beweisen, die Mathematik zu bereichern, und nicht, darüber zu reden, was er oder andere Mathematiker getan haben«

Als Kind habe ich mir, wenn ich nachts im Bett lag, oft vorgestellt, was ich mit meinem Leben anfangen würde, ob ich dies oder jenes werden würde, und das Köstliche daran waren die unbegrenzten Möglichkeiten, die Jahre, die in ihrer Unvorhersagbarkeit schimmernd vor mir lagen. Das habe ich verloren, und es stimmt mich traurig. Ich bin, wenn man so sagen darf, ungewollt meiner Sterblichkeit ansichtig geworden. Es kommt nicht mehr so häufig vor, daß ich für mich selbst Neuland entdecke. In dieser Erkenntnis könnte ich mich auf andere Weise nützlich machen. Aber nochmals fünfunddreißig Jahre lang Studenten zu beaufsichtigen, in Gremien zu sitzen und die Leistungen anderer zu bewerten ist allzuviel des gesellschaftlichen Dienstes. Wir alle geraten unvermeidlich an unsere persönlichen Grenzen, gleich, welchen Beruf wir gewählt haben. In den Naturwissenschaften passiert das in einem unverhältnismäßig frühen Alter, wenn man noch ein langes Leben vor sich hat, Einige meiner älteren Kollegen, die diese Zeit der Gewissensprüfung hinter sich haben, sagen mir, irgendwann würde ich es schon hinter mich bringen. Ich frage mich nur, wie. Meine zerbrechlichen Kindheitsträume, die ehrgeizige Ermutigung seitens meiner Eltern, meine Ausbildung an all den erstklassigen Schulen, nichts davon hat mich vorbereitet auf dieses frühe Seniorendasein, dieses Steifwerden mit fünfunddreißig.

EIN BESUCH VON HERRN NEWTON

Ich saß letzte Woche in meinem Arbeitszimmer im Center für Astrophysics in Cambridge, warf wieder einmal eine unbrauchbare Berechnung in den Papierkorb und flehte die Musen um neue Ideen an, als Herr Newton hereinkam. Ich erkannte ihn sofort von den Bildern. »Wie haben Sie hergefunden?« fragte ich, ein wenig verblüfft.

»Jemand sagte mir, daß ich Sie direkt südlich vom Holiday Inn an der Mass Ave finde.« Newton nahm geschäftsmäßig in meinem Besuchersessel Platz »Also, was kann ich für Sie tun? Meine Zeit ist kostbar. Ich habe einen tollen kleinen Auffrischkurs in Optik, aber er ist nicht ganz billig «

Ich war zum Klagen aufgelegt. "Ihr Kerle hattet es leicht. Ich kann Ihnen sagen, daß es heutzutage erheblich schwerer ist, wissenschaftliche Forschung zu betreiben. Wenn ich mal eine gute Idee habe, ist schon ein anderer darauf gekommen. Und mit der Finanzierung ist es ganz übel. Es ist kaum möglich, die nötige Ausstattung zu beschaffen. Ich wollte für meine Sekretärin eine kleine Textverarbeitung kaufen, zum Tippen und Überarbeiten von Manuskripten, aber die National Science Foundation hat nicht einen Pfennig herausgerückt. Und für Forschung bleibt sowieso keine Zeit, wenn man genötigt ist, sich über all das auf dem laufenden zu halten.« Stöhnend deutete ich auf Stapel von ungelesenen Zeitschriften, die sich auf meinem Schreibtisch, auf dem Fußboden und auf der Fensterbank türmten. »Es muß ein Vergnügen gewesen sein, wissenschaftlich zu arbeiten, als nicht so viel los war.«

»Was Ihnen fehlt, ist eine neue Pest«, meinte Newton »Ich habe einige meiner besten Arbeiten in den Jahren 1665 und 1666 fertiggebracht, als die Universität geschlossen war und alle krank zuhause lagen.« Newton machte einen gelangweilten Eindruck und begann, in meinem Arbeitszimmer herumzuschnüffeln. Er zögerte vor den beiden ausgestopften und lackierten, Domino spielenden Fröschen, die ich in Acapulco erstanden hatte, und blieb schließlich vor dem Bücherregal stehen. Er begann, das Lehrbuch über Infinitesimalrechnung und analytische Geometrie durchzublättern »Verflixst. Ich dachte, ich hätte es Leibniz gegeben. Jetzt sehe ich, daß man ihm dieselbe Anerkennung erweist.« Das Telefon klingelte. Es war Gruenwald von der Universität von Minnesota, den ich seit Tagen zu erreichen versucht hatte. »Da ist noch ein Problem«, sagte ich und legte auf. »Wie kann man über aktuelle Entwicklungen auf dem laufenden bleiben, wenn die Leute nie zurückrufen?« Ich bemerkte, daß Newton auf ein paar hingekritzelte Gleichungen starrte, die am Rand meines Schreibtisches fast unter anderen Dingen begraben waren.

»Was ist das?« fragte er.

»Ach das. Ich untersuche die elektromagnetische Strahlung, die von einer dünnen quadratischen Gasschicht in einer hyperbolischen Umlaufbahn um einen Neutronenstern ausgeht.«

»Verstehe«, sagte Newton und holte den Ärmel seiner Robe aus meiner Kaffeetasche. "Und was für Naturphänomene werden in Ihrer Untersuchung erklärt?« »Ah, es handelt sich natürlich um ein theoretisches Problem. Aber

meine Berechnungen sind vermutlich ein perfekter Test für den Ludwick-Friebald-Effekt«, erwiderte ich schlaun. »Ein Doktorand in Cincinnati ist an dem Ergebnis äußerst interessiert.« »Belanglos. Hat sich seit meinen Prinzipien nichts Wichtiges in den Naturwissenschaften ereignet?« Newton blickte streng, aber ich würde versuchen, ihn zu beeindrucken »Schauen wir mal. Darwin hat gezeigt, daß natürliche Arten sich durch das Überleben der Tauglichsten entwickeln. Einstein hat entdeckt, daß es vom Beobachter abhängt, wie schnell die Zeit verstreicht. De Broglie und Heisenberg und Schröder haben festgestellt, daß Teilchen sich genau genommen wie Wellen verhalten und an mehreren Orten zugleich sein können. Watson und Crick haben die Struktur entdeckt, die den Bauplan für fortpflanzungsfähige Lebewesen enthält. Wir haben sehr schnelle Geräte für mathematische Berechnungen entwickelt, sogenannte Computer, die Schritt für Schritt die Macht über die Gesellschaft übernehmen. Und vor einiger Zeit sind Menschen auf dem Mond gelandet.« »Käse?« »Bedaure, nein. Diese spezielle Theorie von Ihnen hat leider nicht hingehauen. Ach, fast hätte ich's vergessen. Vor ein paar Jahren haben einige Typen ein Perpetuum mobile erfunden, die sogenannte angebotsorientierte Wirtschaftspolitik.«

Newton zeigte wieder diesen ungeduldigen Blick, und mir wurde bewußt, daß eine kostbare Gelegenheit zu verstreichen drohte. Alles, was ich brauchte, waren ein paar profunde Ideen. Der Ludwick-Friebald-Effekt begann mich, ehrlich gesagt, zu langweilen. Zu gern würde ich mit glänzenden neuen Gleichungen in die nächste Tagung der American Physical Society hineinstolzieren und ihnen zeigen, daß doch etwas in mir steckte. Newton blätterte wieder in meinen Büchern herum - Differentialgleichungen, Thermodynamik, Quantenmechanik, Strahlungstheorie - und murmelte nach jedem Buch »trivial«.

»Schauen Sie, Herr Newton«, sagte ich. »Hier ist ein Stoß Papier und ein Bleistift, Ich wäre Ihnen dankbar, wenn Sie mir ein paar originelle Resultate aufschreiben würden. Vielleicht so etwas wie ein viertes Bewegungsgesetz. Oder vielleicht eine neue Theorie der Elastizität. «

Newton setzte sich an meinen Schreibtisch, schob die letzten zehn Nummern des *Astrophysical Journal* zu Seite und sagte einige Minuten lang nichts mehr.

»Also, ich hätte da etwas für Sie. Ich gestehe es nicht gern«, sagte er schüchtern, »aber ich habe in meinem Gravitationsgesetz einen Fehler gemacht. Die Schwerkraft nimmt nicht mit dem Quadrat, sondern mit dem Kubus des Abstandes ab.«

»Das ist nicht Ihr Ernst.«

»Doch. Ich mußte es mir von der Seele reden. Sie sind der erste Mensch, dem ich es gesagt habe.« Das war sensationell, so sensationell, daß ich vielleicht erst einmal alles herausholen sollte, was herauszuholen ging, bevor ich meine Kollegen von der Neuigkeit unterrichtete. Fernsworth in Princeton würde grün sein vor Neid. Schließlich würde ich sicher auch die NASA informieren müssen. Und das Pentagon, ehe die Russen dahinterkamen. Wenn davon etwas durchsickerte, würde es vermutlich für geheim erklärt werden. »Wie haben Sie

gemerkt, daß Sie einen Fehler gemacht hatten?« fragte ich, nachdem ich mich etwas beruhigt hatte.

»Ich konnte mir nie den verdamnten linken Hook bei meinen Weitschüssen mit dem Holz erklären, trotz meiner besten Berechnungen und trotz aller Ausgleichsbemühungen. Am Ende kam ich zu dem Schluß, daß an den Grundlagen etwas nicht stimmen konnte, also ging ich dem Problem bis zu seinen Ursachen nach und leitete das Kubikgesetz ab. Damals habe ich es niemandem gesagt, weil es mir zu peinlich war.« Ich stieß einen langen, leisen Pfiff aus. Es war noch sensationeller, als ich gedacht hatte. Palmer. Nicklaus. Sie würden vermutlich mit fünf Schlägen durchkommen, wenn sie wüßten, was ich jetzt wußte. Die Weiterungen, die sich aus dem Kubikgesetz ergaben, waren schwindelerregend.

»Sie müssen wissen«, sagte Newton, »daß ich für die Folgen keine Verantwortung übernehme. *Hypothesis non fingo*.«

«Ich verstehe.» Die Gedanken überschlugen sich in meinem Kopf. Jetzt wurde mir vieles klar. Rätselhafte Phänomene, über die ich mir immer den Kopf zerbrochen hatte, wurden mir vollkommen verständlich. Auf einmal konnte ich erklären, warum es Tante Bertha immer schwerfiel, vom Eßtisch aufzustehen. Und warum meine zusammengefalteten Hosen nachts immer von dem Schlafzimmerstuhl herunterrutschten. Je länger ich darüber nachdachte, desto unausweichlicher erschien mir die zwingendes Logik des Kubikgesetzes. Newton lehnte sich erschöpft auf dem Stuhl zurück. Sein Blick war glasig. Der alte Junge wurde mir zusehends sympathischer, seit er sich selbst vor meinen Augen gedemütigt hatte. In der folgenden halben Stunde sprachen wir über leichtere Themen - ein bißchen Optik, etwas Kinetik, ein wenig Alchimie. Dann erhob er sich und schritt, ein paar Zeilen aus *Paradise Lost* rezitierend, aus meinem Arbeitszimmer.

Der Besuch von Herrn Newton liegt jetzt eine Woche zurück. In den ersten Tagen war ich von dem Wissen um das Kubikgesetz wie gelähmt. Antigravitation. Ketchup, der augenblicklich aus der Flasche strömt. Neue Vernichtungswaffen. Ich konnte nicht schlafen, ich konnte nicht arbeiten. Schließlich riß ich mich zusammen und begann aufgeregt zu rechnen. Ich verpatzte die erste Gleichung, knüllte das Blatt zusammen, warf es in hohem Bogen in Richtung des Papierkorb und fing noch einmal an. Aus dem Augenwinkel bemerkte ich, daß das Papierknäuel von der Tafel abprallte, an einem Aktenschrank entlangrutschte, einen der Frösche aus Acapulco umstieß und sauber im Papierkorb landete. Merkwürdig. Die Bahn entsprach genau der, die nach Newtons ursprünglichem Gravitationsgesetz zu erwarten war. Ich legte meinen Stift hin und warf ein weiteres Knäuel, dann noch eins und nochmals eins. Jeder Wurf bestätigte das alte Quadratgesetz. Ich stieß Zeitschriftenstapel um und stoppte ihre Fallzeit, sprang mehrfach von meinem Schreibtisch und schleuderte Bücher durch das Zimmer. Allmählich begann mir die unbeugsame Wahrheit zu dämmern. Die ursprüngliche Theorie von Herrn Newton hatte immer gestimmt. Ich vermute, daß Newton nach all den Jahrhunderten senil

geworden war. Es heißt ja, daß Physiker ihren Leistungshöhepunkt in einem jungen Alter erreichen.

Alles hat sich gelegt, doch mein Arbeitszimmer ist in einem heillosen Durcheinander. Nach einem kurzen Urlaub werde ich mich wieder dem Ludwick-Friebald-Effekt widmen. Er mag vielleicht nicht wichtig sein, aber wahrscheinlich trifft er zu.

URSPRÜNGE

Als ich noch ein Kind war und meine Eltern fragte, woher ich käme, verwiesen sie mich auf das Buch *The Stork Didn't Bring You*, das irgendwo im Bücherschrank stand, und damit war das Thema für sie erledigt. Noch voller Ehrfurcht vor den dort berichteten biologischen Details, wurde ich zum Physiker. Die Physiker, die von Berufs wegen alles möglichst vereinfachen, haben ihre eigene Version der Geschichte. Die Fragen von Ei- und Zellentwicklung, Evolution der Art usw. wischen sie beiseite und gehen gleich zu den Atomen im Körper über. Die Frage, woher wir gekommen sind, beantwortet der Physiker mit einer Untersuchung der Ursprünge der chemischen Elemente. Dabei stellt sich heraus, daß wir alle vor fünf bis zehn Milliarden Jahren in Sternen gemacht wurden.

Die gesamte lebende Materie, die wir kennen, setzt sich hauptsächlich zusammen aus Wasserstoff, Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphor und Schwefel. Der Kohlenstoff eignet sich mit der großen Vielfalt seiner chemischen Bindungen besonders zur Bildung der komplexen Moleküle, auf die das Leben angewiesen ist. Atome all dieser Elemente werden über viele Generationen hinweg durch die Biosphäre unseres Planeten geschleust, aus dem Boden in Pflanzen eingebaut, von Tieren verschlungen, ein- und ausgeatmet, aus den Meeren verdunstet und dem Boden, der Luft und dem Meer zurückgegeben. Seit dem Beginn des Lebens tauschen wir mit anderen Lebewesen Atome aus. Doch woher kamen die Atome? Eine ziemlich langweilige Möglichkeit wäre, daß sie schon immer mit den heute beobachteten relativen Häufigkeiten dagewesen sind, was weitergehenden heiklen Fragen ein Ende setzen würde. Doch eine ganze Menge wissenschaftlicher Befunde spricht dafür, daß dies nicht der Fall ist. Zunächst: Die Erde ist radioaktiv. Die Atome bestimmter Elemente altern unentwegt und verwandeln sich durch die Ausstoßung und Umwandlung von Protonen und Neutronen in ihren Kernen in Atome anderer Elemente. So verwandelt sich Uran 238, das aus 92 Protonen und 146 Neutronen besteht, unter gleichzeitiger Emission zweier Protonen und zweier Neutronen in Thorium 234. Thorium ist wiederum instabil und zerfällt in ein anderes Element und dann noch ein anderes, bis am Ende Blei 206 entsteht. Das Blei endlich ist reif, und der Umwandlungsprozeß kommt zum Stillstand. Chemiker und Physiker nehmen seit Jahren Zählungen dieser umtriebigen Familien von Atomen vor, einschließlich ihrer lärmenden Kleinkinder und Teenager und ihrer stillen Senioren. Alles spricht dafür, daß die relativen Anteile der Elemente in der Vergangenheit anders waren als heute. Wie weit zurück in der Vergangenheit? Durch Analysen der beobachteten Häufigkeiten von Uran- und Bleiatomen hat man zum Beispiel bestimmt, daß die Erde 4,5 Milliarden Jahre alt ist. So weit und noch weiter reichen unsere atomaren Wurzeln zurück. Die besten Hinweise auf das, was vor so langer Zeit geschah, finden wir in den ungeheuren Weiten des Alls, jenseits unseres Sonnensystems, jenseits unserer aus hundert Milliarden Sternen bestehenden Galaxie, jenseits unserer Nachbargalaxien. Wenn wir unsere Teleskope auf Hunderte Millionen

Lichtjahre entfernte Galaxien richten, finden wir, daß sie sich von uns entfernen. Das Universum ist und war in einem Zustand der Expansion, so daß die Galaxien auseinanderstieben, wie Punkte auf einem Ballon, den man aufbläst. Wenn man dieses Geschehen in die Vergangenheit verlängert, kommt man zu dem Schluß, daß das Universum vor rund zehn Milliarden Jahren in einer ursprünglichen Explosion begonnen hat, dem Urknall. An diesem Punkt geraten selbst diejenigen, die sich mit diesen Dingen beschäftigen, ins Schwärmen, trotz der Logik der Gleichungen, Computer und Teleskope.

Das frühe Universum war sehr viel dichter als das heutige. Und es war sehr viel heißer, denn auch bei einem gewöhnlichen Gas steigt die Temperatur, wenn man es zusammenpreßt. Als das Universum genügend jung und heiß war, kann außer Wasserstoff I (dessen Kerne aus einem einzigen Proton bestehen) kein anderes chemisches Element existiert haben. Bei der ungeheuren Hitze wären die Protonen und Neutronen eines zusammengesetzten Atomkerns schlicht und einfach verdampft. Bei Temperaturen über 2000 Milliarden Grad wären zum Beispiel Kohlenstoff- und Stickstoffatome in ungebundene Protonen und Neutronen zerfallen. Dies war der kosmologischen Theorie zufolge der Fall, bis eine Zehntausendstelsekunde seit dem Urknall vergangen war. Das frühe Universum enthielt, soweit wir wissen, nur ein gestaltloses Gas aus subatomaren Teilchen. Atome, Sterne, Planeten und Menschen kamen später. Mit einigen Grundbegriffen der Thermodynamik, ein wenig Kosmologie und einigen aufgeschnappten Kenntnissen der Kernphysik ist es uns gelungen, die Entstehung der Elemente auf einen Zeitraum einzugrenzen, der zwischen dem Beginn des Universums und der Bildung der Erde liegt. Wann und wo geschah es? Ausgehend von einem heißen Gas aus ungebundenen Protonen und Neutronen, folgt, wie man aus Beobachtungen der Kernphysik schließen kann, die Synthese zusammengesetzter Atome einem Familienstammbaum, in dem die schwereren Atome aus leichteren hervorgehen. Da Temperatur und Dichte des neugeborenen expandierenden Universums rasch fielen, bestanden nur während einer kurzen Zeitspanne, die wenige Minuten nach dem Urknall endete, geeignete Bedingungen für die Entstehung von Elementen. Vor dieser Zeitspanne verdampfte jede Partnerschaft aus zwei oder mehr Teilchen; danach hatten die subatomaren Teilchen nicht genügend Energie und waren zu weit voneinander entfernt, um leicht miteinander zu verschmelzen. Nach theoretischen Berechnungen gelangte die Elementbildung in dieser heiklen Phase nur bis zum Helium 4 (zwei Neutronen und zwei Protonen), dem leichtesten Element nach dem Wasserstoff. Die errechnete Menge des entstandenen Helium, rund fünfundzwanzig Prozent der ursprünglichen Masse von Protonen und Neutronen, stimmt hervorragend mit heutigen Beobachtungen der kosmischen Häufigkeit des Heliums überein. Schön, aber was ist mit Kohlenstoff, Sauerstoff und anderen Elementen? Die unserem heutigen Erkenntnisstand entsprechende Antwort begann sich 1920 abzuzeichnen, als der berühmte britische Astronom Sir Arthur Eddington erstmals die Vermutung äußerte, daß die Energie der Sonne und anderer Sterne aus

Kernfusionsreaktionen stammt. Dieser Quelle entstammt auch die Energie, die für gräßliche Zwecke in unseren Wasserstoffbomben freigesetzt wird. Im Innersten der Sterne steigen Dichte und Temperatur auf eine Höhe, die eine weit über das Helium hinausgehende Verschmelzung leichterer Elemente zu schwereren ermöglicht. Beobachtungsmerkmale von Sternen wie ihre Masse, Temperatur und Leuchtkraft stimmen mit den theoretischen Modellen gut überein und bestätigen indirekt die vermuteten Kernreaktionen. Dies ist es, was erwachsene Physiker und Astronomen Ihnen als Aufklärung zuteil werden lassen, wenn Sie in kindlicher Unschuld nach unserer Herkunft fragen sollten. Direktere Beweise für die Elementebildung in Sternen liefert die Analyse der Trümmer, die von explodierenden Sternen ausgeschleudert werden. Bei solchen Explosionen, sogenannten Supernovae, laufen Kernreaktionen extrem schnell ab; sowohl die hastig erzeugten Elemente als auch diejenigen, die vorher während der gemächlicheren Entwicklung des Sterns entstanden sind, werden ins All hinausgeschleudert, wo wir sie uns gut anschauen können. Analysiert man die verräterischen Farben des Lichts, das von dem stellaren Auswurf emittiert wird, so erkennt man eine Fülle von schweren Elementen, mit den relativen Häufigkeiten, die von den Kernphysikern vorhergesagt werden. Die ersten Sterne sind möglicherweise schon entstanden, als das Universum erst eine Millionen Jahre alt war. Tatsächlich beobachten wir beim Alter der Sterne eine große Streuung. Fortlaufend werden neue Sterne geboren. Relativ junge Sterne wie unsere Sonne und das sie umgebende Planetensystem haben sich verdichtet aus einem Gas, das mit den umhertreibenden Fragmenten ehemaliger Sterne, also mit schweren Elementen angereichert war. Während wir auf diesem kleinen Planeten unseren Alltagsgeschäften nachgehen, empfinden wir das Band zwischen uns und jenen fernen Lichtpunkten kaum. Mit Ausnahme des Wasserstoffs und des Heliums wurden sämtliche Atome in unserem Körper und unserer Biosphäre irgendwo im All erzeugt, in den Kernreaktionen eines inzwischen erloschenen Sterns.

EIN TAG IM DEZEMBER

Am Donnerstag, dem 6. Dezember 1979, rannte kurz vor sechs Uhr morgens ein Hund, den irgend jemand losgelassen hatte, jaulend die Embarcadero Road in Palo Alto entlang, bog nach rechts in die Waverley Road ein und legte sich kurz vor der Kreuzung mit der Santa Rita Avenue erschöpft und gelangweilt hin, nachdem er alle Schläfer in Hörweite aufgeweckt hatte. Es war noch dunkel. Wo das Tier vorbeigelaufen war, gingen nach und nach die Lichter an, Leute tasteten nach ihren Morgenmänteln und gingen zur Toilette, und ein neuer Tag begann.

Um halb acht füllte sich die University Avenue mit Studenten, die zu ihren Morgenkursen radelten. In der Tür eines der großzügigen Häuser an der Waverley Road in der Nähe der Universität stand eine Frau Anfang vierzig in einem schicken Tweedkostüm und rief ihrem Mann zu: »George, vergiß nicht das Gartenbuch für Betty« George, in Nadelstreifen, nickte und fuhr los zu einer Firma im Silicon Valley. Einige Stunden später stand Alan Guth in seinem gemieteten Haus am Camino a Los Cerros auf, verspeiste zwei hartgekochte Eier und winkte seiner Frau und seinem Sohn zum Abschied (der Kleine hatte am Tag zuvor zum ersten Mal »Papas Haus« gesagt). Auf seinem mit zehn Gängen ausgestatteten Rad, das mit Teilen aus dem Palo Alto Bike Shop in gutem Zustand gehalten wurde, fuhr er nach Südosten zur Sharon Road, bog nach rechts ab, sauste am Einkaufszentrum vorbei, bog nach links in den Sharon Park Drive ein, bog nach rechts in die Sand Hill Road ein und fuhr auf das Gelände des Stanford Linear Accelerator Center. Sein Arbeitszimmer lag im zweiten Stock an der nordwestlichen Ecke des Zentrallaboratoriums, in der Theoriegruppe. Guth war ein Physiker von zweiunddreißig Jahren.

Inzwischen war es halb elf. Bei Printers Inc., einem Buchladen an der California Avenue mit einem Café und klassischer Musik im Hintergrund, begannen Studenten und Typen, die wie Studenten aussahen, herumzulungern. Ein wohlbeleibter Mann in Cordhosen blätterte in *Diet for a Small Planet* und überlegte sich, was er den Gästen bei seinem vegetarischen Abendessen vorsetzen sollte.

Draußen herrschte schönes Wetter, für die Jahreszeit ungewöhnlich schön. Die Frau in dem schicken Tweedkostüm, die unterwegs war, um sich neue Tapeten anzuschauen, beschloß heimzufahren und etwas Leichteres anzuziehen. Der Wetterfrosch hatte Regen vorhergesagt. Sie hatte es eilig. ihre alte, seit sieben Jahren hängende Tapete, auf der dreizehn Zentimeter große burgunderrote Vierecke sich in einem Dickicht aus gelben diagonalen Streifen verfangen, mußte weg. Guth begann seine Arbeit mit Kaffee. Zusammen mit seinen Kollegen vorn zweiten Stock beteiligte er sich mit drei Dollar pro Monat an einer gemeinsamen Kaffeekasse. Gegen Mittag - vorher hatte er sich per Telefon noch besorgt nach einem möglichen Job für das nächste Jahr erkundigt - ging Guth mit zwei Freunden zum Essen an der New Leaf Road. In seinem Arbeitszimmer zurück, schrieb er ein paar Briefe - er benutzte nur einen Radiogrammstift wegen des breiten, sauberen Strichs - und diskutierte später mit einem Kollegen über magnetische Monopole und Kosmologie. Um sechs Uhr

radelte Guth nach Hause. Cedar Avenue, Camino de Los Robles, Monterrey Avenue, Manzanita Avenue, Camino a Los Cerros. Er kannte die Nebenstraßen auf seinem Weg. In fünfzehn Minuten war er zu Hause, verzehrte ein gegrilltes Steak, englisch blutig, und nach dem Essen machten er und seine Frau die Wäsche. Er hatte keine saubere Unterwäsche mehr.

Der Mann in Cordhosen mit den Essensgästen übertraf sich selbst. Als die Gäste fort waren, sackte er erschöpft auf dem Sofa zusammen. Das schmutzige Geschirr und die emaillierten Auflaufformen ließ er aufgestapelt in der Küche stehen. Eine halbe Stunde fernsehen vor dem Schlafengehen würde ihn beruhigen. Klick. Eine Bohnerwachswerbung.

Draußen, über Palo Alto, dunkelte der tiefblaue Himmel. Noch höher hinauf gruben sich unzählige Sterne schweigend in die Nacht. Guth, der nur mit Papier und Bleistift in seinem Arbeitszimmer am Schreibtisch saß, entdeckte irgendwann zwischen elf und zwölf Uhr den mathematischen Beweis dafür, daß das junge Universum vor zehn Milliarden Jahren entgegen bisherigen Theorien eine ungeheuer schnelle Expansion erfuhr und unmittelbar danach die Materie entstand, aus der Atome und Galaxien und Menschen hervorgehen sollten.

FORTSCHRITT

Freunde und Kollegen wurden im Laufe der letzten Jahre immer ärgerlicher über mich, weil ich nicht im elektronischen Netzwerk bin. Wissenschaftler möchten mir ihre Daten per E-Mail schicken, Sekretärinnen von irgendwelchen Ausschüssen, genötigt, zum Telefon zu greifen, sitzen mir wegen meiner E-Mail-Adresse im Nacken und verfallen in fassungsloses Schweigen, wenn ich zugebe, daß ich keine habe. Verwaltungsbeamte der Universität, die Besprechungen organisieren und Mitteilungen per Knopfdruck über den ganzen Campus schicken, murren, weil sie Informationen für mich per Hand befördern oder, noch schlimmer, in einen Umschlag stecken und über die Hauspost der Uni verschicken müssen. Ich gestehe, daß ich ein lästiger Mensch bin. Aber ich weigere mich aus Prinzip, ins Internet zu gehen, als der letzte, der sich der zügellosen Technik erwehrt, die geradezu blindlings ins 21. Jahrhundert rast. Seit mindestens zweihundert Jahren geht die menschliche Gesellschaft von der Annahme aus, daß alle Entwicklungen in Wissenschaft und Technik einen Fortschritt darstellen. Wenn eine neue Metallegierung die Datenübertragung von zehn auf zwanzig Millionen Bits pro Sekunde steigern kann, dann sollten wir sie dieser Ansicht zufolge realisieren. Wenn ein neuer Kunststoff ein doppelt so hohes Verhältnis zwischen Festigkeit und Gewicht hat wie die alte Sorte, sollten wir ihn herstellen. Wenn ein neues Auto doppelt so schnell beschleunigen kann wie das aktuelle Modell, sollten wir es bauen. Alles, was technisch möglich ist, wird eine Anwendung finden und uns Nutzen bringen.

Wahrscheinlich wurde der verordnete Imperativ der voranschreitenden Technik am Beginn der industriellen Revolution auf seine Bahn geschickt, doch muß die Idee schon vorher einen gewissen Schwung gehabt haben. Im 18. Jahrhundert erhöhten, wie jeder weiß, neue Techniken wie der mechanische Webstuhl und die Dampfmaschine die Wirtschaftlichkeit der Produktion und damit die finanziellen Erträge dramatisch. Mit mechanischen Webstühlen konnten die Textilarbeiter ihre bisherige Leistung mindestens verzehnfachen - und die Maschinen wurden nie müde. Dampfmaschinen, die aufs Gewicht bezogen bis zu hundertmal soviel Arbeit erzeugen konnten wie Menschen und Ochsen, machten aus England einen industriellen und wirtschaftlichen Riesen. Bei solchen Ergebnissen war es naheliegend, Technik mit Fortschritt gleichzusetzen. Doch hinter dieser Gleichung steckte weit mehr als der offensichtliche Zusammenhang zwischen Technik und materieller Verbesserung. Der Fortschrittsgedanke war ein intellektuelles und kulturelles Leitthema des letzten Jahrhunderts, dem nicht nur die industrielle Revolution Nahrung gab, sondern auch die neue Evolutionstheorie. Viele Wissenschaftler und Laien deuteten die biologische Evolution damals als einen Fortschritt von niederen zu höheren Formen, der im Menschen gipfelte. Mit der Zeit, so glaubten sie in einer Erweiterung dieser Idee, würde die Gesellschaft durch natürliche (biologische) und menschliche (technische) Kräfte immer entwickelter, organisierter und sittlicher werden. Der Fortschritt gehörte zu unserer offenkundigen geschichtlichen Bestimmung, Schriftsteller, Philosophen und

Gesellschaftstheoretiker griffen diese allgemeinen Ideen ebenso auf wie Wissenschaftler und Ingenieure. Fortschritt schloß, wenn man den Idealen der Aufklärung folgte, auch soziale und politische Verbesserungen ein. In meinem klassischen Roman *Ein Rückblick aus dem Jahre 2000 auf das Jahr 1887* (1888), der in Boston spielt, beschreibt Edward Bellamy ein ideales Gesellschafts- und Industriesystem der Zukunft.

Im 20. Jahrhundert wandelte sich der Fortschrittsbegriff, wurde er immer stärker mit der Technik und großen, entmenslichten technischen Systemen verknüpft. 1939 konnte man auf der New Yorker Weltausstellung in den Werbeschriften des General-Motors-Standes lesen: »Seit dem Beginn der Zivilisation waren Transport und Kommunikation entscheidend für den Fortschritt des Menschen, seinen Wohlstand, sein Glück.« Mir einem Schlag hatte man Technik, Fortschritt und Glück zu einem unwiderstehlichen Traum von der Zukunft zusammengebunden.

Heute, am Ende des 20. Jahrhunderts, stehen wir vor der wichtigen Frage, ob technische Entwicklungen automatisch die Lebensqualität erhöhen. Und wenn das nicht der Fall ist, müssen wir uns fragen, wie unsere Gesellschaft angesichts der gewaltigen kapitalistischen Kräfte, die am Werk sind, wählend und bremsend eingreifen kann. Das ist ein ungeheuer schwieriges Problem, aus mehreren Gründen, darunter nicht zuletzt der subjektive Charakter von Fortschritt und Lebensqualität. Was ist Fortschritt? Größeres menschliches Glück? Größerer Komfort? Höhere Geschwindigkeit in Individualverkehr und Kommunikation? Verminderung menschlichen Leids? Ein längeres Leben? Auch wenn wir den Fortschritt definiert haben, sind seine Messung und seine technischen Voraussetzungen keine einfache Sache. Wenn Fortschritt menschliches Glück bedeutet - wurde je bewiesen, daß die Menschen des 20. Jahrhunderts glücklicher sind, als es die Menschen des 19. Jahrhunderts waren? Wenn Fortschritt Komfort bedeutet - wie wiegen wir den kurzfristigen Komfort einer Klimaanlage gegen den langfristigen Komfort einer sauberen Umwelt? Wenn Fortschritt ein längeres Leben bedeutet - können wir überhaupt bei einem Patienten, der unter Qualen stirbt, die lebenserhaltenden Maschinen abschalten? Daß neue Techniken die Lebensqualität kaum verbessern, würde nur ein Narr behaupten. Das elektrische Licht hat zahllose Aktivitäten erweitert, vom Lesen bis zu nächtlichen Sportveranstaltungen. Fortschritte in der Medizin, besonders die Entdeckung der Krankheitserreger, das öffentliche Gesundheitswesen und die Entwicklung guter Antiseptika, haben unleugbar körperliches Leiden vermindert und die bei guter Gesundheit verbrachte Lebenszeit erheblich verlängert. Es läßt sich aber auch zeigen, daß technische Fortschritte nicht immer das Leben verbessern. Ich übergehe so offensichtliche Umweltprobleme wie die globale Erwärmung, das Schwinden der Ozonschicht und die Entsorgung atomarer Abfälle und wende mich einer weniger auffälligen Erscheinung zu: der Hochgeschwindigkeits-Kommunikation. In Restaurants kann man schon Leute sehen, die während des Essens in Handys hineinsprechen. Andere nehmen ein Modem mit in den Urlaub, damit sie jederzeit mit ihrem

Büro in Verbindung bleiben können. Oder nehmen wir die E-Mail, mein erstes Beispiel. E-Mail hat unbestreitbare Vorteile. Sie ist schneller und billiger als die normale Post und nicht so aufdringlich wie das Telefon. Sie kann den Austausch zwischen Menschen, die weitverstreut leben, fördern, und sie kann Leute, die sonst zurückhaltend sind, dazu ermutigen, sich über das Computerterminal zu äußern.

Nach meiner Ansicht trägt E-Mail jedoch auch zu der Hast, der Gedankenlosigkeit und der vorgespielten Dringlichkeit bei, die unsere Welt zunehmend kennzeichnen. Der Umfang der täglichen E-Mail-Mitteilungen schwillt ungehemmt an. Ein Anwalt, mit dem ich befreundet bin, sagt, er verbringe die Hälfte seiner Arbeitszeit damit, unwichtige E-Mail-Mitteilungen zu sichten, bis er auf die wenigen stößt, die wirklich etwas besagen. Immer sind Mitteilungen darunter, die im Klartext besagen: »Bitte ignorieren Sie meine letzte Nachricht.« Das Kommunizieren ist offenbar so einfach und schnell geworden, daß wir es oft tun, ohne nachzudenken. Wenn Mitteilungen so rasch und mühelos hereinkommen, sind wir unwiderstehlich versucht, sie augenblicklich zu beantworten. Ich vermute, kann es freilich nicht belegen, daß wegen der Hast der Übermittlung und Beantwortung von E-Mail-Mitteilungen falsche Entscheidungen getroffen werden. Wichtiger ist aber die Fast-Food-Mentalität, die in der schnellen Übermittlung unserer Gedanken und Reaktionen am Werke ist. Wir ersticken uns selbst. Wir unterhöheln unsere kontemplativen Fähigkeiten. Es könnte sogar sein, daß wir - welche Ironie! - damit den Fortschritt behindern. E-Mail ist natürlich nur ein Beispiel. Es liegt beim einzelnen, wie er sie nutzt oder mißbraucht. E-Mail ist jedoch repräsentativ für andere technische Entwicklungen wie die Gentechnik, die Wegwerfartikel aus Kunststoff, die hochentwickelten Systeme zur Lebenserhaltung und die Computernetze. Gewiß werden manche dieser Entwicklungen positive Folgen haben. Aber darum geht es nicht. Die moderne Technik rast voran, ohne nennenswert geprüft oder kontrolliert zu werden. Gewiß, Denker und Schriftsteller haben ihrer Beunruhigung darüber Ausdruck gegeben, wohin eine ungehemmte Wissenschaft und Technik uns führen kann. Mary Shelley war in *Frankenstein* (1818) sicherlich über die ethischen Zweifelsfragen des künstlichen Lebens betroffen, dies gilt auch für H. G. Wells in *Dr. Moreaus Insel* (1896), wo der böse Chirurg Dr. Moreau halb menschlich und halb tierische Wesen künstlich schafft. Thoreau schrieb in *Walden* (1854): »Nicht wir fahren mit der Eisenbahn - sie fährt mit uns.« Ein neueres Beispiel ist Don DeLillos *Weißes Rauschen* (1985), wo der Held einer Wolke giftiger Industriechemikalien ausgesetzt wird, dann aber an einer viel schlimmeren seelischen Krankheit leidet, weil ihm ein computerisiertes Gesundheitswesen ständig sein künftiges Schicksal mitteilt. Doch solche Gegenstimmen wurden bislang überwiegend ignoriert. Das liegt nicht etwa an den starken wirtschaftlichen Kräften, die die unersättliche technische Maschine von heute vorantreiben. Es liegt daran, daß wir offensichtlich - vielleicht auf einer unbewußten Ebene - glauben, die Technik sei unsere geheiligte Zukunft.

Ich bin nicht dafür, Neuentwicklungen in der reinen Wissenschaft in irgendeiner Form zu unterdrücken. Die Zusammenhänge der Natur - und unseren Platz in ihr - zu verstehen, ist für mich Ausdruck des Edelsten und Besten, das wir in uns tragen. Wenn es um die Anwendung der Wissenschaft geht, bin ich sicher nicht pauschal gegen die Technik, denn ich profitiere sehr von ihr. Doch bei allen Fortschritten in der Technik müssen wir die menschlichen Werte und die Lebensqualität mitbedenken.

Wie diese Prüfung und Befragung vor sich gehen soll? Ich weiß es nicht.

Staatliche Regelungen werden wahrscheinlich nicht greifen. Unser Staat und andere große Institutionen haben verständlicherweise ein Interesse daran, der Entwicklung der Technik keine Fesseln anzulegen. Von oben herunter ist das Problem nicht zu lösen. Es ist ein kulturelles Problem. Vielleicht müssen wir uns selbst regulieren. Vielleicht muß jeder von uns darüber nachdenken, was wirklich wichtig in seinem Leben ist, und entscheiden, welche Techniken er akzeptieren und gegen welche er sich wehren will. Das ist eine persönliche Verantwortung. Langfristig müssen wir unser Denken ändern, um zu erkennen, daß wir nicht nur eine Produktions- und Technologie-Gesellschaft sind, sondern auch eine Gesellschaft aus lebendigen Menschen.

I=U/R

Vor einiger Zeit geriet ich in eine gewisse Verlegenheit, als ich eine vor einem Jahr erschienene Ausgabe einer physikalischen Zeitschrift aufschlug und entdeckte, daß zwei japanische Kollegen sich dasselbe Problem vorgenommen hatten, dessen Ausarbeitung ich gerade den letzten Schliff gab, und zu derselben Lösung wie ich gelangt waren. Nun, da ich mich stoisch damit abfinde, daß andere meinen Berechnungen zuvorgekommen sind, erscheint mir das Problem als nicht gar so wichtig; es ging um die räumliche Verteilung, die eine Schar von Teilchen mit unterschiedlichen Massen, zwischen denen gravitative Wechselwirkungen herrschen, schließlich einnehmen würde.

Die grundlegenden Theorien der Gravitation und der Thermodynamik, die für die Lösung eines solchen Problems benötigt werden, sind zweifellos gut begründet, und so hätte es mich eigentlich nicht überraschen dürfen, daß jemand anders zu ähnlichen Resultaten gelangt war. Dennoch raste mein Puls als ich an meinem Notizbuch saß und ihre Lösungen Zahl für Zahl nachprüfte; sie stimmten bis zu vier Stellen hinter dem Komma genau mit meinen überein.

Wenn man eine Reihe von Jahren Wissenschaft getrieben hat, ist man zutiefst überzeugt, daß es eine außerhalb von uns existierende objektive Realität gibt, daß es Entdeckungen gibt, die fix und fertig darauf warten, gemacht zu werden, wie Pflaumen, die man nur zu pflücken braucht. Wenn es nicht der eine Wissenschaftler ist, der eine bestimmte Pflaume pflückt, dann wird es eben der nächste sein. Es ist ein unheimliches Gefühl. Dieser objektive Aspekt der Wissenschaft ist eine Säule der Überzeugungskraft und zugleich ein wenig entmenslichend. Brauchbar oder anwendbar wird die Wissenschaft erst dadurch, daß individuelle Beiträge geeicht, chemisch gereinigt und standardisiert werden. Versuchsergebnisse werden nur dann als gültig betrachtet, wenn sie reproduzierbar sind, theoretische Ideen sind nur dann wirksam, wenn sie sich verallgemeinern und zu abstrakten, entkörperlichten Gleichungen destillieren lassen.

Daß es oft mehrere verschiedene Wege zu einem bestimmten Resultat gibt, gilt als ein Hinweis auf die Korrektheit des Ergebnisses und nicht auf die Fähigkeit, sich in der Wissenschaft individuell auszudrücken. Und dann ist da noch die unablässige Synthese, die Einschmelzung der verschiedenen Resultate und Ideen, bei der individuelle Beiträge im Ganzen aufgehen. Diese Überzeugungskraft ist furchteinflößend und beängstigend,- es wäre eine haarige Sache, einen Menschen auf dem Mond zu landen, wenn die Bahn des Raumschiffs von der Stimmung der Astronauten abhinge oder wenn der Mond immer wieder zu unbekannten Verabredungen davoneilte. Doch aus denselben Gründen bietet die Wissenschaft wenig Trost für jemanden, der danach trachtet, eine persönliche Botschaft in seinem Werk zu hinterlassen, ein eigenes kleines Gedicht oder eine unvergeßliche Sonate. Einstein wird die Äußerung zugeschrieben, daß die Welt auch dann, wenn Newton oder Leibniz nie gelebt hätten, die Differentialrechnung gehabt hätte, daß wir aber, wenn Beethoven nicht gelebt hätte, nie die Symphonie in c-Moll gehabt hätten.

Ein typisches Beispiel für die wissenschaftliche Entwicklung liegt in dem Werk des deutschen Physikers Georg Simon Ohm (1789-1854). Ohm war kein Einstein und kein Newton, aber er hat gute, solide Arbeit auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre geleistet, Aus armen Verhältnissen stammend, lernte Ohm bei seinem Vater mit Eifer Mathematik, Physik und Philosophie. Seine wichtigsten Forschungen fallen in die Jahre 1823-1827, in denen er widerwillig als Gymnasiallehrer in Köln tätig war. Glücklicherweise verfügte die Schule über ein gutausgestattetes Physiklabor. Im Jahr 1820 hatte Hans Christian Oersted entdeckt, daß ein Strom, der durch einen Draht floß, eine magnetische Kompaßnadel beeinflussen konnte, und diese Beobachtung regte Ohm dazu an, sich mit diesem Gebiet zu befassen, Elektrische Apparate waren damals unhandlich und primitiv. Die von Alessandro Volta im Jahr 1800 erfundenen chemischen Batterien, als Voltaische Säulen bezeichnet, waren eine schmutzige Angelegenheit, sie bestanden aus zehn oder mehr Paaren von Silber- oder Kupfer- und Zinkplatten, die durch Schichten feuchter Pappe voneinander getrennt waren. Ohm schloß je einen Draht an die Pole einer Voltaischen Säule an und hängte über dem einen Draht eine Magnetnadel an einer Torsionsfeder auf. Es war eine primitive, nach Oersteds Prinzipien funktionierende Vorrichtung, mit der sich der durch einen Draht fließende Strom messen ließ. Nun schloß Ohm den Stromkreis, indem er zwischen den beiden Batteriezuleitungen Testdrähte von unterschiedlicher Dicke und Länge einfügte, um zu messen, wie der Strom sich änderte und von den Eigenschaften des jeweiligen Testdrahtes abhing, seinem »Widerstand«.

Bei diesen ersten Untersuchungen ging Ohm induktiv vor, allein auf seine Beobachtungen gestützt. Die Ergebnisse veröffentlichte er in einer mehr oder weniger empirischen Form, der noch der Beigeschmack des Laboratoriums anhaftete. Einige der numerischen Ausdrücke von Meßergebnissen in der ersten Veröffentlichung von 1825 sind tatsächlich ein wenig unkorrekt. Das wurde jedoch rasch korrigiert, denn Ohm war sehr angetan von Jean Fouriers eleganter mathematischer Arbeit über die Wärmeleitung, und er erkannte auffällige Ähnlichkeiten mit der elektrischen Leitung. Davon angeregt, faßte Ohm seine Ergebnisse in allgemeinere mathematische Ausdrücke, die nicht genau mit seinen Meßergebnissen übereinstimmten, aber an den Analogien zu Fouriers Arbeit festhielten - ein kreativer und entscheidender Schritt.

Er gelangte zu der (heute als Ohmsches Gesetz bekannten) Feststellung, daß die Stromstärke direkt der Spannung und umgekehrt dem Widerstand proportional ist, und er legte sie in einem abstrakten, ausgefeilten Aufsatz nieder, der 1827 veröffentlicht wurde und nichts mehr ahnen läßt von den langen Abenden mit einem Gewirr von Drähten und wiederholten Ermahnungen an die Voltaische Säule, ihn nur ja mit einer gleichbleibenden Spannung zu versorgen.

Als James Clerk Maxwell 1864 die vollständige Theorie des Elektromagnetismus zusammenbastelte, baute er Ohms Leistung geschickt ein, als wäre sie ein Teil eines riesigen Wandteppichs. Mit der ersten mikroskopischen Theorie des Widerstand« in Metallen lieferte Paul Drude im Jahre 1900

endlich eine befriedigende theoretische Erklärung des Ohmschen Gesetzes. Heute wenden wir das Ohmsche Gesetz routinemäßig an, um elektrische Schaltungen zu entwerfen oder um zu berechnen, wie tief Radiowellen in den Ozean eindringen. Doch in der abstrakten Aussage $I = U/R$ (Stromstärke gleich Spannung geteilt durch Widerstand) steckt nur wenig von Ohm.

Max Delbrück, der zunächst Physiker war und dann Biologe wurde, sagte in seiner Nobelpreisrede «Die Botschaft eines Wissenschaftlers ist nicht ohne Universalität, doch ihre Universalität ist entkörperlicht und anonym. Die Aussage des Künstlers ist für immer an ihre ursprüngliche Form gebunden, doch die des Wissenschaftlers wird modifiziert, verstärkt, verschmolzen mit den Ideen und Resultaten anderer und geht ein in den Strom des Wissens und der Ideen, der unsere Kultur bildet.» Wäre Georg Ohm ein Maler oder Dichter gewesen, würde er jetzt vielleicht seine undichte Voltasche Säule feiern, sein ungeeichtes Galvanometer, seine exakte Anordnung aus seltsamen Drähten und Quecksilberkugeln, oder er würde nochmals die Einsamkeit seiner Junggesellennächte, seine Gefühle und Gedanken bei den Experimenten durchleben.

Mir scheint, daß wir in der Wissenschaft wie in der Kunst verzweifelt bemüht sind, mit etwas in Verbindung zu treten - auf diese Weise erlangen wir Universalität. In der Kunst besteht dieses Etwas in Menschen, ihren Erfahrungen und ihren Sensibilitäten. In der Wissenschaft besteht dieses Etwas in der Natur, der physikalischen Welt und den physikalischen Gesetzen. Es kommt vor, daß wir die falsche Telefonnummer wählen und später ertappt werden. Ptolemäus Theorie des Sonnensystems, in der die Sonne und die Planeten sich in Kreisen und Beikreisen um die Erde bewegen, ist phantasievoll, raffiniert und sogar schön - aber physikalisch falsch. Jahrhundertlang praktisch unangefochten, wurde sie wie ein für unbrauchbar erklärtes Gebäude auf wenig schöne Art gesprengt, als Kopernikus kam.

Nun gut. Wissenschaftler werden immer mit der Tatsache leben müssen, daß ihr Produkt am Ende unpersönlich ist. Doch Wissenschaftler mochten als Menschen verstanden werden. Besuchen Sie irgendeine der zahlreichen wissenschaftlichen Tagungen, die alljährlich von Biologen, Chemikern und Physikern veranstaltet werden, und Sie werden eine wunderbare Gemeinschaft von Menschen erleben, die auf den Korridoren plaudern, an der Tafel begeistert vortragen oder sich gegenseitig bei Vorträgen mit relevanten und irrelevanten Bemerkungen ins Wort fallen. Man wird kaum behaupten können, daß solche leibhaftigen Zusammenkünfte heutzutage nötig seien, um wissenschaftliche Erkenntnisse auszutauschen, wo wir doch unter der Last der gelehrten Zeitschriften ersticken und nur ein paar Tasten zu drücken brauchen, um mit Kollegen zu telefonieren. Der eifrige Besuch von wissenschaftlichen Tagungen ist gedeutet worden als ein Versuch, wissenschaftliches Territorium zu verteidigen, eine ungewollte Enthüllung unserer erdgebundenen Veranlagung. Daran mag etwas sein, und doch steckt mehr dahinter. Hier und nicht in Gleichungen, mögen sie auch noch so korrekt sein, können wir Wissenschaftler vor unseren Kollegen unsere Persönlichkeit zum Ausdruck bringen, ein anerkennendes Lächeln genießen.

über die Höhe des letzten Tantiemenvorschusses von Carl Sagan spekulieren und die Namen von Lieblingsrestaurants austauschen. Das macht mir bisweilen genausoviel Spaß wie die Wissenschaft.

NICHTS ALS DIE WAHRHEIT

In einem neuen Vorwort zu seinem ersten Roman erinnert Italo Calvino uns daran, daß Schriftsteller die Realität ihren Zwecken gemäß formen, Landschaften werden destilliert, erinnerte Gesichter werden entstellt. Die Kunst erfordert eine Interpretation und Umarbeitung der nackten Tatsachen des Lebens. Das gilt bis zu einem gewissen Grad auch für die Wissenschaft. Die Natur enthüllt sich nicht in bequemen Einblicken in wissenschaftliche Wahrheiten. Versuchsergebnisse sind oft verwirrend und manchmal schlicht falsch. Ohne eine interpretierende Theorie, ohne eine vom Betrachter vorgegebene Absicht sind Beobachtungen der physikalischen Welt nichts als unverbundene, sinnlose Fakten. Da ist es dann nicht verwunderlich, daß es in der Wissenschaftsgeschichte nur so wimmelt von persönlichen Vorurteilen, irreführenden philosophischen Themen und Spielern, die eine Fehlbesetzung sind. Vorurteil ist ein schmutziges Wort in der Wissenschaft, deren muffige Korridore angeblich von Kopernikus und Galilei ausgekehrt wurden. Dennoch habe ich den Verdacht, daß alle Wissenschaftler sich irgendwann in ihrer Forschung der Voreingenommenheit schuldig gemacht haben.

Ein unerwartetes Beispiel findet man im Werk von Lew Dawidowitsch Landau, der 1962 den Nobelpreis für Physik erhielt. Landau hat unter anderem zur Theorie des Ferromagnetismus, der Supraflüssigkeiten und der Supraleitfähigkeit Erhebliches beigetragen und das fundamentale Gesetz der Erhaltung der Ladungspartität formuliert. Als Begründer der Schule der modernen sowjetischen theoretischen Physik wurde Landau von seinen Kollegen regelrecht angebetet. Er war auch gefürchtet, etwa wegen seiner Gewohnheit, in wissenschaftlichen Diskussionen alle unbewiesenen Aussagen erbarmungslos aufzuspüren und zu zertrümmern. Auf dem Namensschild vor seinem Arbeitszimmer im Ukrainischen Physikalisch-technischen Institut stand: »L. Landau. Achtung, er beißt.« Eine von Landaus beliebten Bemerkungen war »Quatsch bleibt Quatsch«. Mehrere wichtige Arbeiten fertig in der Tasche, veröffentlichte er 1932 ein merkwürdiges dreiseitiges Papier mit dem Titel »Zur Theorie der Sterne«. Es beginnt mit hohen Erwartungen, stimuliert durch seine scharfsinnigen und elegant einfachen Berechnungen und endet im Quatsch. Das Schockierende an dem Papier von 1932 ist, daß Landau ohne Vorwarnung und mit einem einzigen Satz einen bedeutenden Zweig der Physik aufgibt. Es geht in dem Papier um eine theoretische Untersuchung der Struktur, die Sterne durch ein Gleichgewicht zwischen ihren nach innen gerichteten Gravitationskräften und den nach außen gerichteten Druckkräften erreichen. Für die ausgebrannten Sterne, die Landau betrachtete, werden die nach außen gerichteten Druckkräfte von der Quantenmechanik vorgeschrieben, der Theorie der Materie auf der atomaren Ebene. Im Jahr 1932 waren die Gesetze der Quantenmechanik eindeutig bewiesen und bildeten zusammen mit Einsteins Relativitätstheorie das Fundament der modernen Physik. Zu Landaus Entsetzen ergab sich aus seinen Berechnungen, daß ausgebrannte Sterne, wenn sie nur etwas mehr Masse haben als die Sonne, zwangsläufig in sich zusammenstürzen. Bei kalten Sternen mit

hinreichender Masse vermag also kein Innendruck den nach innen gerichteten Druck der Schwerkraft wettzumachen, mit der Folge, daß ein Stern, dessen Durchmesser über eine Million Meilen beträgt, auf einen Punkt zusammenschnurrt. Landau schreibt weiter: »Da solche Massen in der Realität friedlich als Sterne existieren und nicht im geringsten derart lächerliche Tendenzen zeigen, kommen wir nicht um den Schluß herum, daß ... die Gesetze der Quantenmechanik verletzt sind.« (Sir Arthur Eddington machte 1935 in einer Sitzung der Royal Astronomical Society eine fast gleichlautende Bemerkung, nachdem er Berechnungen von S. Chandrasekhar besprochen hatte, die unabhängig zu denselben Schlußfolgerungen bezüglich kalter Sterne gelangt waren.

Im Grunde war Landau nicht zu dieser Aussage berechtigt. Das ist verwirrend bei einem so peinlich genauen Wissenschaftler. Astronomen hatten in der Tat sehr massereiche Sterne beobachtet, die friedlich einem Kollaps entgehen, aber dabei handelte es sich eindeutig nicht um die ausgebrannten, kalten Sterne, denen Landaus Berechnungen galten. Heiße und kalte Sterne waren wirklich leicht an ihrer Farbe zu unterscheiden. In seinem irrtümlichen Hinweis auf beobachtete Sterne sehen wir einen Spiegel, der nicht nach außen auf die äußere Realität gerichtet ist, sondern nach innen. Anscheinend fand Landau sein theoretisches Ergebnis (das im Grunde eine der ersten Vorhersagen Schwarzer Löcher war) so absurd, so verwirrend für den gesunden Menschenverstand, daß er bereit war, die berühmte Theorie, auf der das Ergebnis beruhte, aufzugeben. Und zwar in derselben knappen Prosa, die sich normalerweise logisch aus seinen Berechnungen ergab.

Landaus Papier war weder das erste noch das letzte Beispiel persönlicher Voreingenommenheit in der Wissenschaft. Einstein nahm 1917 völlig ad hoc eine Änderung an seiner Gravitationstheorie von 1915 vor, weil sie ein dynamisches Universum vorhersagte, einen Kosmos, der ständig in Bewegung ist, sei es, daß er sich ausdehnt, sei es, daß er sich zusammenzieht. Die statische Natur und die Unwandelbarkeit des Universums war im abendländischen Denken seit Aristoteles eine schlichte Selbstverständlichkeit wie der Wechsel von Tag und Nacht. Es gab jedenfalls keine Beobachtungstatsachen, die dem widersprochen hätten. Diesem Einfluß erlag Einstein, Waren seine ursprünglichen Gleichungen leidenschaftslos, so war er es nicht. 1929 sah Einstein seinen Irrtum ein, als der Astronom Edwin Hubble bei der Beobachtung ferner Galaxien durch ein Teleskop feststellte, daß das Universum expandiert. Man darf es Landau und Einstein wohl verzeihen, daß sie allzu sehr auf ihre physikalische Intuition vertrauten. Für den Theoretiker am Reißbrett sind Erinnerungen an die physikalische Realität ein wertvolles Hilfsmittel - hier liegt ein wichtiger Unterschied zwischen Wissenschaft und Mathematik. Wenn gänzlich ungewohnte Ergebnisse wie Schwarze Löcher und expandierende Universen aus den Gleichungen hervorlugen, weichen sogar furchtlose Intellektuelle bisweilen zurück. In der beobachtenden Wissenschaft nimmt das persönliche Vorurteil gelegentlich eine subtile Form an. 1969 meldete Joseph

Weber von der Universität von Maryland eindeutige Beweise für die erstmalige Messung von Gravitationsstrahlung, die als die schwächere Cousine der elektromagnetischen Strahlung seit langem von der Theorie vorhergesagt worden war. Andere Wissenschaftler, die in den folgenden zehn Jahren Webers Experimente mit empfindlicheren Meßgeräten wiederholten, erhielten nur negative Resultate.

P. Buford Price und seine Mitarbeiter an der Universität von Kalifornien in Berkeley erklärten 1975 sie hätten Beweise für die Entdeckung magnetischer Monopole. Magnetische Monopole wären, falls sie existierten, das magnetische Gegenstück zu elektrisch geladenen Teilchen wie den Elektronen und würden den Magnetismus mit der Elektrizität auf eine Stufe stellen. Das offensichtliche Fehlen magnetischer Monopole hat vielen Physikern schon lange zu schaffen gemacht. Eine Theorie solcher Teilchen liegt seit 1931 vor. Doch Price hat, wie nachträgliche Untersuchungen durch andere Wissenschaftler zeigten, seine Daten höchstwahrscheinlich falsch interpretiert. Sowohl Weber als auch Price haben sich mit Ernst an ihre Beute herangepircht. Wie in anderen Bereichen besteht auch in der Wissenschaft eine Neigung, das zu finden, wonach man sucht. Und das ist nicht erstaunlich. Nachdem sie einen Tag im Labor verbracht haben, wo die Instrumente surren oder die stummen Gleichungen einen anstarren, kehren die Wissenschaftler in die Welt anderer Männer und Frauen zurück. Hören Sie einmal herein bei einer wissenschaftlichen Konferenz, wenn Leute die Ergebnisse ihrer Forschung vortragen. Wenn ein Wissenschaftler sich mit ganzem Herzen einem Projekt hingegeben hat, werden Sie mehr als nur Zusammenfassungen von Daten und Meßverfahren zu hören bekommen. Es besteht die Aussicht, daß Sie einem engagierten Kommentator lauschen, einem Verfechter einer bestimmten Auffassung, einem Mann oder einer Frau, die sich selbst die Dinge zu erklären suchen. Wie schon Bacon scharfsinnig bemerkte: »Der menschliche Verstand ist kein reines Licht, sondern erleidet einen Einfluß vom Willen und von den Gefühlen,- dieses erzeugt jene 'Wissenschaft für das, was man will'. Was nämlich der Mensch lieber für das Wahre hält, das glaubt er eher.«

Zum Glück hängt die wissenschaftliche Methode, dieses legendäre Gesetz der Unvoreingenommenheit und Objektivität, nicht davon ab, was einzelne Wissenschaftler tun. Sie bezieht ihre Stärke vielmehr aus Gemeinschaften von Wissenschaftlern, aus Experimenten, die wiederholt werden, um zu bestätigen oder zu verneinen, aus Theorien, die von Skeptikern hin und her gewendet werden. Es mag vorkommen, daß Wissenschaftler ihre eigenen Ideen mit unziemlicher Hingabe verteidigen, doch finden sie andererseits Gefallen daran, Fehler in der Arbeit von Kollegen aufzudecken. Unter dem Ansturm solcher Advocati Diaboli lösen sich die meisten persönlichen Vorurteile in nichts auf. Es gibt noch eine Quelle ungezügelter Hypothesenbildung gegen die selbst die Wissenschaft insgesamt nicht gefeit ist. Es ist der große Abstand zwischen Theorie und Experiment, der auf manchen Gebieten herrscht und der nicht leicht zugängliche Theoriebereiche dem Schicksal preisgibt und stranden läßt.

Einsteins Gravitationstheorie ist im Sonnensystem gut getestet, aber sie macht außerdem umstrittene Vorhersagen über Schwarze Löcher, wo die Gravitation millionenfach stärker ist als auf der Sonne. In der Biologie bleibt die Debatte darüber, ob die Evolution der Arten sich durch einen allmählichen oder durch einen katastrophentartigen Wandel vollzogen hat, weiterhin offen, was auch daran liegt, daß fossile Zeugnisse, die eine Entscheidung herbeiführen konnten, schwer zu beschaffen sind. Wissenschaftliche Theorien stehen oder fallen mit ihren Vorhersagen, wenn Vorhersagen so weit gehen, daß wir sie nicht mehr überprüfen können, befinden wir uns auf gefährlichem Gelände. Ich wage die vorsichtige Vorhersage, daß dies ein Problem bleiben wird, mit dem wir leben müssen. Auch in der Wissenschaft kann sich der Geist zu Höhen aufschwingen, in die ihm der Leib nicht zu folgen vermag.

Vor einigen Jahren sprach der Nobelpreisträger Richard Feynman, der zum Teil an denselben Problemen arbeitete wie Landau, auf einer Feier zur Verleihung akademischer Grade. Es war ein warmer Junimorgen. Die künftigen Wissenschaftler saßen auf faltstühlen auf dem Rasen und schwitzten in ihren schwarzen Roben. Doch keiner beachtete die Hitze. Hunderte junger Gesichter hingen gebannt an dem Podium, wo Feynman ihnen Ratschläge erteilte. Er sagte, wir sollten, wenn wir wissenschaftliche Forschung betreiben und unsere Ergebnisse veröffentlichen, jede Möglichkeit eines Irrtums überdenken. Seine Worte schwebten in der schwülen Luft und vermischten sich mit den dort versammelten Ambitionen und Überzeugungen. Es war ein bißchen viel verlangt.

ZEIT FÜR DIE STERNE

Mehr als einmal wurde ich in den letzten zehn Jahren in hitzige Diskussionen hineingezogen, in denen es um die gewaltigen Summen ging, die man für eine militärische Verteidigung im All einplane. Auf einmal wurde ein Großteil dieses Geldes der Wissenschaft angeboten. Sollte man es annehmen? Für mich erhebt sich damit, zusätzlich zu den ethischen und praktischen Fragen, das Problem des Verhältnisses zwischen angewandter und reiner Wissenschaft. Es macht mir Sorgen, daß unser Land den Wert der reinen Wissenschaft immer weniger zu schätzen weiß. Ein aktuelles Beispiel war die gerichtlich angeordnete Zerschlagung der American Telegraph and Telephone Company, durch welche die Bell Laboratories, an denen die Grundlagenforschung von AT&T betrieben wurde, ungeschützt dastanden. Ein anderes war das Veto des Kongresses gegen eine relativ billige Erkundungsmission zum Halleyschen Kometen, der nur einmal in der Lebenszeit eines Menschen das Sonnensystem besucht. Die materiellen Erleichterungen, die wirtschaftlichen Vorteile und die Macht, über Krieg oder Frieden zu entscheiden, die mit der angewandten Wissenschaft einhergehen, wird sicherlich kaum jemand bestreiten. Doch über diesen anderen Zielen haben wir immer mehr aus den Augen verloren, welchen Wert die Wissenschaft als solche für uns darstellt.

Daß uns Amerikanern so viel an den Anwendungen gelegen ist, hat mit den kulturellen und politischen Anfängen unseres Landes zu tun. In Europa galt die Wissenschaft traditionell als ein Teil der Kultur, und als Edelmann und Gelehrter konnte man sein Leben der Wissenschaft widmen. Isaac Newton brauchte sich als Fellow der Universität Cambridge nicht für seine Studien der Physik zu rechtfertigen. Carl Friedrich Gauss, der im frühen 19. Jahrhundert glänzende Beiträge zur Mathematik und Astronomie leistete, wurde durch das Mäzenatentum des Herzogs von Braunschweig gefördert. Doch als die Wissenschaft Mitte des 19. Jahrhunderts in Amerika in Gang kam, verlangten die demokratischen Ideale unseres jungen Landes eine direkte Rechenschaftslegung vor dem Volk, einen direkten Nutzen für die Gesellschaft. Wissenschaftliche Forschung wurde gewöhnlich nur dann unterstützt, wenn sie Bestandteil eines praktischen oder technischen Vorhabens war, wie der 1870 gegründete US-Wetterdienst, das 1879 gegründete Amt für Landvermessung (Geological Survey) oder das 1901 gegründete Amt für Maße und Gewichte (Bureau of Standards). Allmählich begann unser Land, auf seine technischen Erfolge (die per definitionem reine Wissenschaft ausschließen) stolz zu sein und sich mit ihnen zu identifizieren. Der amerikanische Held der Wissenschaft ist Thomas Edison, nicht Willard Gibbs, der Grundlegendes zur Wärmelehre beitrug. Sogar der große Physiker Robert Millikan sagte während des Ersten Weltkriegs: »Sollten die Wissenschaftler des Landes jemals von Nutzen für das Land sein, dann jetzt oder nie.« Seit dem Zweiten Weltkrieg ist unser Land sich natürlich - genau wie alle anderen Länder - völlig darüber im klaren, daß durch Wissenschaft militärische Macht zu erlangen ist.

Ebenfalls seit dem Zweiten Weltkrieg ist die Wissenschaft zu einem

Großunternehmen geworden. In vielen Wissenschaftsbereichen sind die romantischen Zeiten, in denen der einsame Wissenschaftler mit selbstgebastelten Geräten die Geheimnisse der Natur enthüllte, dahin. Heute sind für Experimente oft große Teams von Wissenschaftlern, große Budgets und große Bürokratien zu ihrer Verwaltung erforderlich. Manche dieser Vorhaben könnten nicht durchgeführt werden, ohne sich den bestehenden militärisch-industriellen Komplex zunutze zu machen. Ständig in Not, greifen wir zu der sofort erhältlichen Auszahlung.

Warum sollte unser Land - oder überhaupt ein Land - die reine Wissenschaft unterstützen? Warum sollte ein Land für eine Tätigkeit zahlen, die ihm keinen eindeutigen wirtschaftlichen oder militärischen Vorteil bringt?

Warum sollte ein Land eine scheinbar nutzlose Tätigkeit unterstützen?

Die reine Wissenschaft besitzt meines Erachtens mehrere, voneinander unabhängige Werte, die ich hier in der Reihenfolge ihrer wachsenden Reichweite in die Zukunft anführe: Sie unterhält uns, sie liefert den Boden, aus dem die Technik erwächst, sie verändert unser Weltbild, und sie gewährt uns kulturelle Unsterblichkeit. Unter der unmittelbaren, alltäglichen Perspektive bereitet es uns Vergnügen, Neues zu lernen, und es steht außer Zweifel, daß wir aus der reinen Wissenschaft lernen. Obendrein ist das, was wir lernen, »wahr«, es betrifft die reale Welt, und jeder intelligente Mensch kann es in groben Zügen verstehen. Für Laien ist es unterhaltsam, wenn sie lernen, woraus Kometen bestehen, so wie es für sie unterhaltsam ist, ein neues Stück von Neil Simon zu sehen oder ein neues Buch von Gabriel Garcia Marquez zu lesen, jeder ist ein potentieller Verbraucher reiner Wissenschaft. Wenn reine Wissenschaft sich nicht auf dem Markt bezahlt macht, wie es bei Filmen und Büchern der Fall ist, dann liegt es möglicherweise daran, daß ihre Freuden in der Erkenntnis liegen. Diese Erkenntnis geht gleichwohl mit einer bestimmten Art von Glück einher, und das Glück der Menschen eines Landes fällt durchaus ins Gewicht. Reine Wissenschaft mag im üblichen Sinne als nutzlos erscheinen, doch auf längere Sicht zieht sie sicherlich wirtschaftliche und technische Vorteile nach sich. Wenn wir heute unsere Zahlungen für die reine Wissenschaft einstellen, wird es morgen keine angewandte Wissenschaft geben. Darwins Arbeit über die Evolution und Mendels Arbeit über die Vererbung der Pflanzen legten die Fundamente für die Wissenschaft der Genetik, die schließlich zur Entdeckung der DNS führte, die ihrerseits zur Gentechnik führte, aus der gegenwärtig eine unvorstellbare Fülle von Anwendungen erwächst. Faradays Entdeckung, daß ein Magnet Elektrizität erzeugen kann, ermöglichte fünfzig Jahre später das erste Wasserkraftwerk. Dennoch wurden Darwin und Mendel und Faraday nicht mit dem Gedanken an solche künftigen Gewinne unterstützt, und das wäre auch gar nicht möglich gewesen. Ein Land kann nicht auf reine Wissenschaftler setzen, so wie man auf Pferde setzt. Es kann jedoch Pferdeställe errichten. Ich erinnere mich an einen Roman von Robert Heinlein über eine Forschungseinrichtung mit dem Namen *The Long Range Foundation*. *The Long Range Foundation* wurde als ein gemeinnütziger, künftigen Generationen geweihter Verein gegründet. Ihr

Wappenspruch lautete »Bread upon the Waters«, und sie rühmte sich, nur solche wissenschaftlichen Projekte zu finanzieren, die erst nach mindestens zwei Jahrhunderten Früchte tragen würden. Sie war froh, Geld zu vergeuden. Leider wurden die Verantwortlichen ihrer Aufgabe nie gerecht, und die verrücktesten Projekte der Stiftung begannen rasch, peinlich hohe Gewinne anzuhäufen.

Der dritte von mir erwähnte Wert besteht in der Fähigkeit, unser Weltbild zu verändern. Dieser Vorzug ist oft nur schwer zu erkennen, aber seine Bedeutung kann gar nicht überbewertet werden. Ich denke, daß Henry Adams den Wert der reinen Wissenschaft erkannt hatte, als er Anfang unseres Jahrhunderts schrieb, die Entdeckung der Radioaktivität durch Madame Curie habe das Unerkennbare bekannt gemacht. Seit der Antike hatte der abendländische Mensch das Atom als letzte Einheit der Materie verehrt - unzerstörbar, undurchdringlich, ganz und gar unergründlich. Dann entdeckte Madame Curie, daß Radiumatome winzige Teile von sich selbst herausschleudern, und unser Bild der Natur sollte nie wieder dasselbe sein wie zuvor. Es mag hilfreich sein, ein paar ausführlichere Beispiele dafür anzuführen. Ich wähle sie aus der Astronomie, welche die nutzloseste Wissenschaft ist, die ich kenne, und darüber hinaus mein Fachgebiet. Genauer betrachtet, war die Astronomie einmal äußerst praktisch. Frühe Zivilisationen nutzten sie, um den Eintritt der Jahreszeiten zu ermitteln, das Datum für die Ausbringung der Saat festzulegen und Seefahrt zu betreiben. Seitdem hat die Astronomie sich zu ihrem gegenwärtigen Stand fortentwickelt.

Betrachten wir als erstes Beispiel Keplers Entdeckung, daß die Bahnen der Planeten elliptisch sind. Vor Kepler war man sich über viele Jahrhunderte hinweg einig, daß die Himmelskörper kreisförmige Bahnen beschreiben. Für Aristoteles, dessen Ansichten zu vielen Dingen das abendländische Weltbild prägten, war der Kreis aufgrund seiner Einzigartigkeit und Vollkommenheit die natürliche Figur für Himmelsbewegungen. Für die göttlichen und ewigen Planeten waren nur Kreisbahnen angemessen. So arrangierte Aristoteles denn auch den gesamten Kosmos als eine Aufeinanderfolge von rotierenden Kugeln, in deren Mittelpunkt die Erde stand. Einmal ausgerufen, bewies der Kreis großes Stehvermögen. Als man später erkannte, daß die Helligkeit der Planeten - und folglich ihr Abstand von der Erde - sich während ihrer Umläufe änderte, dachten die Astronomen sich komplizierte Kreise aus, die Kreisen aufgelagert waren, so daß ein Planet eine kleine Kreisbahn um einen gedachten Punkt beschrieb, der seinerseits auf einer großen Kreisbahn um die Erde wanderte. Selbst Kopernikus, der die Vorstellung von einem geozentrischen Kosmos zerstörte, hielt an der Idee der Kreisbahnen fest.

Kepler hatte das Glück, ein Schüler Tycho Brahes zu sein, eines wohlhabenden dänischen Astronomen, der Nacht für Nacht damit zubrachte, von seiner privaten Insel aus die Planeten zu beobachten. Brahes Berechnungen der Planetenstellungen waren die genauesten, die bis dahin auf der Grundlage von Beobachtungen mit bloßem Auge erstellt worden waren. Um das Jahr 1600 erbte Kepler diesen Goldschatz von Daten. Seine Aufgabe war es, ihn sinnvoll zu erklären. Außer auf dem guten Arbeitsmaterial beruhte Keplers Erfolg auf zwei

weiteren Faktoren: Er war ein entschiedener Kopernikaner, und er glaubte an das platonische Ideal, daß die Natur mathematisch einfachen Gesetzen gehorcht. Nach welchen Gesetzen richteten sich die Bewegungen der Planeten? Welche Form hatten die Bahnen? Kepler probierte es mit unzähligen Bahnen aus zusammengesetzten Kreisen. Schließlich mußte er sich eingestehen, daß sie einfach nicht zu Brahes Daten passen wollten. Da entdeckte er die Ellipsen (Jeder Künstler kennt die Ellipse, sie ist ein perspektivisch verkürzter Kreis.) Außerdem war eine einzige Ellipse für jeden Planeten viel einfacher als zwei Kreise. An die Stelle des geheiligten Kreises trat die zutreffende und obendrein ökonomische Ellipse. Keplers Erfolg gab dem kopernikanischen System, in dem die Erde nur einer unter mehreren Planeten ist, die um die Sonne kreisen, mächtigen Auftrieb. Wir wissen, daß Newton sich als Student mit Kepler befaßte. Als Newton der Royal Society in London seine unvergleichlichen *Principia* vorlegte, wurden sie vorgestellt als ein mathematischer Beweis für die kopernikanische Hypothese im Sinne Keplers. Newtons *Principia* mit ihren Gesetzen der Bewegung und der Gravitation und der unermüdlichen Anwendung dieser Gesetze auf Pendel und Planeten lieferten wiederum ein festes wissenschaftliches Fundament für Descartes' Auffassung vom Universum als einem riesigen mechanischen Uhrwerk. Nach Kepler und Galilei und Newton wurde die Natur rational.

Mein zweites Beispiel dafür, wie die reine Wissenschaft unser Weltbild verändert, ist die recht junge Entdeckung, daß das Universum expandiert. Die Galaxien fliegen voneinander fort. Läßt man diese beobachtete Bewegung in seiner Vorstellung umgekehrt ablaufen, so rücken die Galaxien immer enger zusammen, Sterne und Planeten und sogar Atome werden zusammengepreßt und zertrümmert, bis man zu einem Zeitpunkt gelangt, der nach den besten vorliegenden Schätzungen rund zehn Milliarden Jahre zurückliegt und an dem der gesamte Inhalt des heute sichtbaren Universums auf ein Volumen komprimiert war, das kleiner war als ein Atom. Das war der Anfang des Universums. Man nennt ihn Urknall.

Praktisch alle geschichtlich belegten Kulturen haben ihre Mythen über die Entstehung und den Zeitpunkt der Entstehung des Universums. So führte Aristoteles zahlreiche philosophische Argumente dafür an, daß das Universum ewig und unwandelbar sein mußte. Eines davon geht ungefähr folgendermaßen: Hätte das Universum einen Anfang in einem bestimmten Zeitpunkt der Vergangenheit, dann hätte sich davor eine unendliche Zeit erstreckt, in der das Universum nicht existierte, aber die Möglichkeit der Existenz hatte. Doch in einem solchen Zustand reiner Potentialität hätte das nicht existierende Universum nicht unendlich lange schlummern können. Folglich hat das Universum schon immer in seinem gegenwärtigen Zustand vollkommener Ruhe existiert. Auf einem etwas wissenschaftlicheren, aber trotzdem falschen Weg gelangte Isaac Newton zu einem ähnlichen Schluß. Er meinte, wenn das Universum sich ausdehne oder zusammenziehe, müsse es einen Mittelpunkt geben, um den herum sich eine solche Bewegung vollzieht. Doch in einem

unendlichen Raum sollte es keinen Punkt im Universum geben, der solchermäßen ausgezeichnet ist. Folglich muß das Universum sich stets im Ruhezustand befinden.

In den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts wurde dann entdeckt, was das Universum tatsächlich macht. Mit Hilfe eines großen Teleskops und anderer Instrumente konnte der Astronom Edwin Hubble feststellen, daß andere Galaxien sich von unserer Galaxie entfernen, und zwar mit Geschwindigkeiten, die ihren Entfernungen proportional sind. Die näher gelegenen Galaxien weichen langsamer von uns zurück als die ferneren. Das ist genau die Situation von Punkten auf der Oberfläche eines sich ausdehnenden Ballons. Aus der Sicht eines jeden Punktes, der hier für eine Galaxie steht, hat es den Anschein, als bewegten sich die anderen Punkte radial von ihm fort, und zwar mit Geschwindigkeiten, die ihren Entfernungen proportional sind. Von jedem Punkt aus ergibt sich dasselbe Bild, und kein Punkt ist der Mittelpunkt. Das war Newtons Irrtum. Er begriff nicht, daß die Expansion sich um *jeden* Punkt im Raum herum vollziehen konnte. Er hatte nicht das richtige Bild im Kopf. Zudem hatte er nicht viele Geräte. Ich glaube, wenn Newton oder Aristoteles oder Moses Maimonides oder Francis Bacon jetzt hier wären, würden sie sich einen Vortrag über die Entstehung und Bewegung des Universums aufmerksam anhören.

Die Folgerungen aus unserer Entdeckung, daß das Universum expandiert, sind noch nicht abzusehen. Doch unser Weltbild hat sich ohne Zweifel verändert. Ein Anzeichen dafür ist, daß Einstein zunächst auf einem statischen Universum beharrte, obwohl seine eigenen kosmologischen Gleichungen selbstverständlich ein Universum in Bewegung vorhersagten. Vor Hubble hatte die erhabene Ruhe der himmlischen Gebilde jahrhundertlang das Ewige und Unwandelbare symbolisiert. Mit diesem beruhigenden Symbol ist es nun vorbei.

Es ließen sich noch viele Entdeckungen aufzählen, die allzu frisch sind, um ein endgültiges Urteil zu erlauben. Was folgt aus der Erkenntnis, daß die Zeit je nach der Bewegung der Uhr unterschiedlich schnell verstreicht? Was folgt daraus, daß alle Lebensformen auf der Erde ihre Blaupausen von denselben vier Molekülen erhalten? Ich weiß es nicht, aber ich bin sicher, daß diese aktuellen Entdeckungen schon begonnen haben, in unsere Kultur einzudringen, und daß sie unser Denken verändern. In der reinen Wissenschaft werden Entdeckungen nicht nur über die Natur gemacht, sondern auch über den Menschen. Nach Kopernikus haben wir eine demütigere Auffassung von unserer Stellung im Kosmos entwickelt.

Nach Darwin nahen wir neue Verwandte entdeckt, die am selben Stammbaum hängen wie wir. Wir müssen von Zeit zu Zeit aufgerüttelt werden. Von Zeit zu Zeit müssen wir uns von dem endlosen Kreislauf lösen, der eine Generation unmerklich in die nächste übergehen läßt, in dem ein Menschenleben auf das andere folgt. Vor einigen Jahrhunderten hatten wir uns festgefahren, und es war die Zeit, die man das finstere Mittelalter nennt. Es hilft uns freizukommen, wenn sich unser Weltbild ändert.

Ich komme nun zur kulturellen Unsterblichkeit, die natürlich weit über einzelne Länder hinausgeht. Um Thoreau zu zitieren:

»Wenn wir für uns oder unsere Nachkommen Besitz anhäufen, wenn wir eine Familie oder einen Staat gründen oder selbst wenn wir Ruhm erwerben, sind wir sterblich, aber wenn wir uns mit der Wahrheit beschäftigen, sind wir unsterblich und brauchen keinen Wandel, kein Unglück zu fürchten.«

Die reine Wissenschaft handelt von der Wahrheit, und es gibt kein größeres Geschenk, das wir an unsere Nachkommen weitergeben können. Die Wahrheit wird nie unmodern. Noch in Jahrhunderten, wenn die Autos uns langweilen, werden wir die Entdeckungen von Kepler und Einstein, die Stücke von Shakespeare und die Symphonien von Beethoven schätzen. Die Zivilisation des alten Griechenland ist untergegangen, nicht aber der pythagoreische Lehrsatz. Vor einigen Jahren besuchte ich Font-de-Gaume, eine prähistorische Höhle in Frankreich. Die Höhlenwände sind verziert mit Malereien, die vor fünfzehntausend Jahren vom Cromagnon-Menschen geschaffen wurden, mit anmutigen Zeichnungen von Pferden und Büffeln und Rentieren. Ein bestimmtes Bild ist mir lebhaft in Erinnerung. Zwei Rentiere stehen einander gegenüber, die Geweihe berühren sich. Die beiden Figuren sind vollkommen, und eine einzige, locker fließende Linie umhüllt sie beide und verschmilzt sie zu einem Ganzen. Das Licht war schwach, und die Farben waren ein wenig verblaßt, doch ich war verzaubert. Es wäre jeden Pfennig wert, könnte unsere Zivilisation der Nachwelt etwas in dieser Art hinterlassen.

EIN YANKEE VON HEUTE VOR EINEM GERICHT VON CONNECTICUT*

Letzte Woche fand ich in meinem Briefkasten den folgenden Befehl eines mir oberflächlich bekannten Mannes:

Wenn Sie die Familie Howe in Hartford, Connecticut, besuchen, werden Sie feststellen, daß mit den alten Familienerbstücken ein seltsamer Gegenstand überliefert wurde. Es ist ein Kugelschreiber, den man bei der persönlichen Habe eines gewissen Phineas Howe fand, der im letzten Jahrhundert als Anwalt praktizierte. Der Kuli ist gesprungen und schmutzig, aber es handelt sich unzweideutig um einen Bic-Kugelschreiber. Kein Sterblicher außer mir weiß, wie Phineas an den Kuli gekommen ist. Hier mein Bericht.

Ich bin zweiter Geschäftsführer eines Kaufhauses und wohne im Großraum Boston. Die meiste Zeit verwende ich zwar auf den Kampf mit den Bestandslisten, glaube aber, ein passables Allgemeinwissen von der Welt zu besitzen. Am Abend des 9. August 1985 machte ich es mir nach einem langen Arbeitstag zu Hause bequem. Als ich mich vorbeugte, um mir die Schuhe auszuziehen, muß ich ans Bücherregal gestoßen sein, denn meine Panasonic-Musikanlage krachte herunter und traf mich am Kopf. Als ich zu mir kam, fand ich mich auf einer Wiese liegend, neben einem Feldweg. Ein Mann in einem Buggy** blickte auf mich herab. Er trug komische Pluderhosen mit Hosenträgern. Als ich mich aufzurappeln begann, sprach der Mann mich an. »Sie sind aus New York?«

»New York?« wiederholte ich, vorsichtig die Beule an meinem Kopf betastend

»Ja, New York. Ich wüßte nicht, wo sonst solche Kleider herkämen.«

»Wo bin ich?« fragte ich zögernd.

Der Mann blickte mich an, als wäre ich übergeschnappt. »Sie sind auf dem rückwärtigen Gelände der Waffenfabrik«, antwortete er.

»Der Waffenfabrik?«

»Der Waffenfabrik Colt«, sagte er. »In Hartford.«

»Hartford«, rief ich. »Welchen Tag haben wir?« Wenn ich mehrere Tage fort gewesen war, hatte ich schweren Ärger mit Mr. Godine, meinem Chef. Der Mann im Buggy schüttelte den Kopf und lächelte verständnisvoll.

»Es ist Montag«, sagte er. »Montag, der neunte. Kommen Sie doch einfach mit mir zur Waffenfabrik. Dort haben wir einen Arzt.«

»Haben Sie Telefon?« fragte ich rasch. »Anfang des Jahres sollen wir eins kriegen«, sagte er. »Dafür haben wir zwei gute Telegraphenleitungen.« Stumm kletterte ich in den Buggy. Der Mann ruckte mit den Zügeln, sein Pferd schnaubte, und wir trabten los, den Feldweg entlang.

* Der Originaltitel dieses Essays »A Modern-Day Yankee in a Connecticut Court« ist eine Anspielung auf Mark Twains Roman »A Connecticut Yankee in King Arthur's Court« (dt. »Ein Yankee aus Connecticut an König Artus' Hof«) - Anm. d. U.

** Zwei- oder vierrädriger leichter Pferdewagen – Anm. d.U.

»Hm«, räusperte ich mich. »Ich weiß, daß es vielleicht blöde klingt, aber welchen Monat haben wir?« »August«, sagte meine neue Bekanntschaft. Und dann beiläufig. »Achtzehnhundertachtzig « Bald kamen zwei hohe Schornsteine in Sicht, aus denen Rauch quoll, dann ein ganzer Komplex von Gebäuden. Es gab drei Hauptgebäude, vier Stockwerke hoch, die zusammen ein großes H bildeten. An drei Seiten war die Fabrik von einem Holzzaun umgeben, an dem ein breiter Feldweg entlanglief. Die vierte Seite grenzte an einen Fluß. Durch die Bäume und Gebäude konnte ich bloß Masten ausmachen, die zu großen Dampfschiffen oder Schonern am Kai gehören mußten. Wir durchquerten die Haupteinfahrt der Waffenfabrik und stellten Pferd und Wagen neben einem anderen Gespann ab. Ich war noch keine zehn Meter gelaufen, als mich eine Schar Arbeiter, alle in Pluderhosen und Hosenträgern, umringte und mich anstarrte. Entweder war ich verrückt oder sie, und sie waren in der Mehrheit. Ich machte den Fehler, ehrlich zu sein. Als ich ihnen sagte, heute sei der 9. August 1985, der letzte Tag, an den ich mich erinnerte, brachen sie in schallendes Gelächter aus. Ich sagte ihnen, wo ich arbeite und wo ich wohne. Ich begann, die letzten Präsidenten aufzuzählen: »Nixon, Ford, Carter. Reagan „,« »Nehmen Sie sich in acht“, stieß ein stämmiger Bursche hervor, »oder wir lassen Sie ins Irrenhaus befördern.“ Ich fand, daß es an der Zeit sei, einen beschaulichen Spaziergang durch die Innenstadt von Hartford zu machen, und so erkundigte ich mich höflich, wo es langging, und machte mich davon. Inzwischen war ich mir fast sicher, daß ich in die Vergangenheit gestoßen worden war.

Bis zur Stadtmitte waren es ungefähr anderthalb Meilen. Unterwegs begegneten mir mehrere Buggygespanne. Ich kam außerdem an einer Gruppe Leute vorbei, die brüllten und johlten, als ob gleich ein Wettkampf losginge. Genauer hinschauend bemerkte ich, daß es um einen Wettlauf zwischen einem Pferd und einem Fahrrad ging. Ein Junge von etwa zwölf Jahren, der eine rote Mütze und gestreifte Knickerbocker trug, saß rittlings auf dem Rad und konnte es kaum abwarten, sich abzustößeln. Alle schienen aufs höchste von dem Fahrrad beeindruckt zu sein, außer zwei oder drei älteren Männern, die sich in spöttischen Bemerkungen ergingen. Ich ging weiter. Ich muß gestehen, daß ich, kaum daß ein paar Minuten durch die Stadt geschlendert war, meine mißliche Lage vergaß. Es war ein warmer Sommermorgen, und die Luft war von einem lieblichen Duft erfüllt. Die Gehsteige waren breit und bequem, der Verkehr war schwach, und die Geschäfte verkauften nicht das Übliche. Eine Firma namens Wm. H. Wiley erzeugte sogenannte Zugstiefel. Ein Laden namens Smith Medicated Prune Company offerierte Gratisproben. Um die Ecke erhoben sich die Schornsteine einer riesigen Fabrik von Pratt and Whitney, die Werkzeugmaschinen, Waffenzubehör, Zubehör für Nähmaschinen und Dampfmaschinen feilbot, alles angefertigt mit »Präzision, Haltbarkeit und völliger Anpassung an den Bestimmungszweck«. Vor einer anderen Firma flatterte eine Fahne mit dem Motto: BESSERE GERÄTE FÜR EIN BESSERES LEBEN. An einem Fenster im Erdgeschoß prangte eine Zeichnung von »Thomas A. Edisons neuem

Sprechapparat«, die einen langen Zylinder zeigte, der an beiden Enden befestigt war und in der Mitte gegen eine Art Ohrmuschel oder Lautsprecher gepreßt wurde. Auf dem Bild beugte sich eine lachende Frau über den Apparat und kurbelte mit einem Hebel an dem Zylinder.

Ich fühlte mich müde, erspähte eine Parkbank und setzte mich hin. Ich war seltsam erregt. Es lag ein Gefühl von Fortschritt in der Luft, Die Technik war im Aufschwung begriffen. Das Leben wurde immer besser. Dann fiel mir ein, wie ich beweisen sollte, wer ich war. Ich war ein Mensch des 20. Jahrhunderts Ich konnte ihnen die Wunder der modernen Technik enthüllen. Sie würden mir glauben müssen. Mein Wissen würde für sich sprechen. Und dann war da noch etwas. Seit Jahren hatte ich Befehle entgegennehmen müssen. Allmählich wurde es Zeit, daß ich die Befehle erteilte. Ein berauschendes Gefühl der Macht stieg mir in den Kopf. Die Waffenfabrik Colt schien sich als Ausgangspunkt anzubieten, da ich dort bereits Bekannte hatte. Ich lief den ganzen Weg zurück und suchte unverzüglich Amos Plimpton auf, den Mann, der mich in seinem Buggy mitgenommen hatte. Er bediente eine Metallstanzmaschine, als ich ihn antraf.

»Mr. Plimpton«, sagte ich atemlos, »lassen Sie mich nur fünfzehn Minuten zu Ihren besten Facharbeitern sprechen. Ich kann ihnen sehr interessante Dinge über die Konkurrenz erzählen. Mein Ehrenwort, daß sie nicht enttäuscht sein werden «

Wie durch ein Wunder war Plimpton einverstanden, vermutlich seinem bewährten Yankee-Geschäftssinn folgend.

Nachdem sich rund zwanzig Mann in Plimptons Halle versammelt hatten, legte ich los. Ich hatte mir überlegt, mit dem Einfachen zu beginnen, vielleicht mit Autos, und mich dann zu Videorecordern vorzuarbeiten. »Meine Herren«, begann ich, »lassen Sie mich Ihnen etwas über ein sehr fortschrittliches Verkehrsmittel erzählen, das Automobil. Ich glaube, daß Sie hier in dieser Halle die Maschinen haben, um direkt eines zu bauen.« Schweigen, Ich fuhr fort. »Ein Automobil besitzt einen Benzinmotor, der auf Touren kommt, wenn Sie den Fuß auf das Gaspedal setzen, und es wird Sie mit bis zu hundert Meilen pro Stunde auf der Straße forttragen.« Ich lächelte. »Wie funktioniert denn dieser Benzinmotor?« fragte einer der Männer.

»Also«, sagte ich gedankenvoll, »er hat Zylinder und Ventile, die sich öffnen und schließen, und Benzin und Luft werden hineingebracht und vermischt und dann von Zündkerzen entzündet.« »Zündkerzen, haha!« sagte ein anderer Mann. Die Männer erhoben sich und begannen hinauszumarschieren.

»Sie müssen mir glauben«, sagte ich, wild mit den Armen fuchtelnd.

»Was gibt's da denn zu glauben«, stieß einer der Arbeiter wütend hervor »Sie haben uns bloß die Namen von Dingen genannt.«

»Ich bin von 1985. Ich bin von 1985«, rief ich aus. »Ich kann Ihnen etwas beibringen.«

»Plimpton«, sagte jemand, »ruf die Polizei. Der Kerl ist bekloppt. Die Polizisten werden wissen, was mit ihm zu geschehen hat.«

Und so kam es, daß ich Phineas Howe kennenlernte. Als die Polizei mich an jenem ersten Nachmittag in Hartford einsperren wollte, verlangte ich nach einem Richter. Nach einer schrecklichen Szene, in der sie mir Tritte versetzten, während ich ihnen unbekannte Verfassungsrechte herunterbetete, entließen sie mich in Plimptons Gewahrsam, weil er eine eigentümliche Verantwortung für mich empfand. Der Prozeß wurde auf den 16. August anberaumt, und Plimpton nahm mich bis dahin großmütig bei sich auf. Ohne sein Wissen und wider seine bessere Einsicht wurde Phineas Howe zu meinem juristischen Beistand ernannt. Ein paar Tage darauf begab ich mich zur Besprechung unseres Prozesses zu Phineas in seine Kanzlei. Er war ungefähr fünfzig Jahre alt, ging leicht gebeugt, hatte einen dicken Bauch und einen dichten Wust zerzauster Haare. Auf seinem großer, fleischigen Gesicht legte sich die Haut in Falten, und er machte einen traurigen Eindruck, wie ein Basset, Widerstrebend empfing er mich an der Tür. »Sie sind der Kerl aus dem zwanzigsten Jahrhundert?« Er seufzte. Ich nickte. Er ließ mich eintreten. Das erste, worauf mein Blick fiel, war der Karibukopf an der Wand. Ich suchte nach einem freien Platz, wo ich mich hinsetzen konnte, was nicht so einfach war. Auf der Couch stapelten sich hüfthoch alte Ausgaben von *Hunter and Field*, und das Feldbett in der Ecke war gänzlich mit Hemden und Unterwäsche belegt. Schließlich machte ich einen winzigen freien Fleck auf dem Teppich aus, der eine gewaltige Staubwolke ausspuckte, als ich mich setzte. Es war glühend heiß. Phineas schleuderte sein Jackett irgendwo hin und krepelte sich die Ärmel hoch. »Nun«, sagte er und legte eine Pause ein, um sich Wachs aus dem Ohr zu holen, »schildern Sie mir die Tatsachen. Ihnen ist natürlich klar, um was es hier geht. Man wirft Ihnen Friedensstörung, Betrugsversuch und Unzurechnungsfähigkeit vor« Ich trug erneut meine Geschichte vor, während Phineas alles auf einem langen gelben Schreibblock festhielt. Ich vermute, daß er von dem, was ich sagte, nicht ein Wort glaubte, aber er war als Pflichtverteidiger benannt worden und hatte seine Aufgabe zu erfüllen, und wenn er diesen Prozeß verlieren sollte, dann nicht deshalb, weil er einen Fehler gemacht hatte. Phineas' bisherige Leistungen waren, wie sich herausstellte, haarsträubend, aber er hatte doch einen gewissen Berufsstolz. Wir gingen eine Reihe von Fragen und Antworten durch, wobei er fragte und ich antwortete. Er fragte nach meinem Geburtsdatum. »Dritter Dezember neunzehn-hundertachtundvierzig«, erwiderte ich. "Sie wollen mir also sagen, daß Sie erst in achtundsechzig Jahren geboren werden?« fragte er mit ruhiger Stimme. Ich überlegte einen Moment, »Ja, das stimmt«, sagte ich. »Verstehe, verstehe«, sagte Phineas mit gequältem Gesichtsausdruck und kitzelte etwas auf seinen gelben Block. In diesem Stil ging es eine halbe Stunde weiter. Langsam dämmerte mir der Ernst meiner Lage. »Ich säße nicht in dieser Patsche, wenn die Arbeiter bei Colt mir zehn Minuten länger zugehört hätten«, sagte ich niedergeschlagen. »Die Leute waren auf jemanden wie Sie nicht vorbereitet«, sagte Phineas mit einer ungeduldigen Handbewegung. »Ich habe daran gedacht, Tom Edison als Sachverständigen herzuholen. Ich gehörte zu einer Kanzlei, die ihm vor einigen Jahren meinem Patentverfahren geholfen hat.

Sie wissen von Edison, oder?« Ich nickte zustimmend.

»Edison ist so gescheit, daß er diese Sache klären wird«, sagte Phineas und fuhr dann fort: »In der einen oder anderen Richtung. «

Nach einigen eiligen Erkundigungen gingen wir zum Telegraphenamt und kabelten nach Menlo Park, New Jersey, wo Edison Tag und Nacht in fernem Labor arbeitete. Eine Stunde später erhielten wir eine Rückantwort, die Phineas mich nicht lesen lassen wollte, die aber inhaltlich besagte, wir könnten uns zum Teufel scheren, es sei denn, ich könnte Edison bei seinem Beleuchtungssystem für die Stadt New York helfen. Mein Anwalt blickte mich forschend an, und ich sagte: »Selbstverständlich.« Hier wäre es unangebracht gewesen, sein Selbstvertrauen unter den Scheffel zu stellen. Phineas kabelte das eine Wort zurück, und innerhalb einer weiteren Stunde erhielten wir eine zweite Nachricht, die besagte, daß Edison am 16. August um 10. 1 3 Uhr mit dem Zug der New-York-&-New-England-Gesellschaft eintreffen würde.

Der Prozeß fand vor dem Kriminalgericht in dem neuen, aus Backstein errichteten Bezirksgebäude statt, an der Ecke Trumbull und Allyn Road. Plimpton hatte mich unbedingt an diesem Morgen hinbegleiten wollen, aber plötzlich war seine Tochter ernsthaft an Lungenentzündung erkrankt. Während ich sein Haus verließ, erwähnte ich die Möglichkeit, etwas Penicillin zu machen, aber ich wußte davon nicht mehr als den Namen. Plimpton starrte mich verständnislos an, und ich ging. Ich hatte ihn und seine Frau lieb gewonnen und bangte entsetzlich um ihre Tochter.

Phineas traf beim Gericht in einem Aufzug ein, als habe er seit achtundvierzig Stunden seine Kleider nicht mehr gewechselt. Er schleppte mehrere gelbe Blöcke und einen Armvoll Hefte von *Popular Science Monthly* mit sich.

»Sie sagen nichts, außer im Zeugenstand«, schärfte er mir flüsternd ein, »und dann beantworten Sie nur direkte Fragen. Ich habe diese Sache im Griff,« Ich nickte und folgte ihm zu unseren Plätzen. »Wir schenken diesen Arschlöchern keinen Millimeter«, flüsterte er nochmals, »und vor allem nicht diesem steifen Scheißkerl Calhoun.«

»Wer ist Calhoun« flüsterte ich zurück. Als Antwort deutete Phineas mit seinen Augen hinüber auf die andere Seite des Raumes, zu einem ruhigen Mann Ende der Dreißiger, der jetzt gerade eine schmucke lederne Aktentasche öffnete. Das war Thomas Calhoun, der Anklagevertreter. Er wurde flankiert von zwei jungen Assistenten. Alle drei trugen makellose graue Anzüge. Calhoun war schlank und hatte tiefschwarze Haare. Er gehörte zu jenem Menschenschlag, der nie ein Wort äußert, das nicht stimmt. Er hatte Jura in Yale absolviert. Das alles sah ich in den ersten fünf Minuten, und ich wurde deprimiert.

Nun trat Richter Renshaw ein, und alle erhoben sich. »Renshaw hat nicht soviel Grips, daß man daraus einen Angelköder machen könnte«, flüsterte Phineas. Der Prozeß begann.

Von den Prozeßparteien abgesehen, waren rund zwanzig Zuschauer erschienen, die von der Aetna Insurance Company herübergekommen waren und im

rückwärtigen Teil des Gerichtssaales Platz genommen hatten. Während der gesamten Prozeßdauer fächelten sie sich mit Papierfächern Luft zu, auf denen für das Bestattungsunternehmen Spring Grove Funeral Parlor geworben wurde. Die einleitenden Bemerkungen erspare ich mir. Calhoun vertrat die Sache der Stadt Hartford und benannte mehrere Männer von der Waffenfabrik als Zeugen. Er faßte sich kurz und war seidenweich. Phineas trug unsere Auffassung vor. Richter Renshaw, ein kleiner, stiller Mann, schien von alldem verwirrt zu sein und sagte kein Wort.

Dann traf Edison ein. »Wo ist Phineas Howe?« rief er mit dröhnender Stimme, während er durch den Mittelgang nach vorn kam. Der Justizwachtmeister machte Anstalten, ihn abzuhalten, aber der Richter winkte ab. Es trat eine ehrfürchtige Stille ein, und alles reckte die Hälse, um einen Blick auf Thomas Alva Edison zu erhaschen. Schließlich geleitete ihn ein Gerichtsdiener zu unseren Plätzen. Edison war ein Mann wie ein Schrank und hatte glühende blaue Augen. Er schenkte mir einen merkwürdigen Blick und sagte zu Phineas: »Machen Sie es verdammt schnell. Ich fahre mit dem Zug um zwölf Uhr dreiunddreißig zurück.«

Phineas ließ mich umgehend in den Zeugenstand rufen und stellte Edison als seinen Sachverständigen vor. »Ich werde den Beweis erbringen«, kündigte Phineas an, »daß mein Mandant Kenntnisse von einer Technik hat, die der unseren so weit voraus ist, daß er nur ein Bürger des ausgehenden zwanzigsten Jahrhunderts sein kann. Oder noch später. Diese Kenntnisse werden bestätigt werden von dem führenden Erfinder unserer Zeit, Mr. Thomas A. Edison.« Die Leute von Aetna ließen für einen Moment ihre Fächer sinken und klatschten. Calhoun rutschte zu meiner Befriedigung unbehaglich auf seinem Stuhl hin und her und begann, mit seinen Mitarbeitern zu flüstern. Phineas und ich hielten jetzt die Trümpfe in der Hand.

»Wollen Sie bitte«, sagte Phineas zu mir gewandt, »dem Gericht etwas über Ihr Haus sagen.« »Also«, sagte ich, »ich habe einen Kühlschrank, eine Geschirrspülmaschine, eine Stereoanlage, ein Kassettendeck, zwei Telefone, einen Fernseher, einen Videorecorder, einen Mikrowellenherd, einen Personalcomputer und, in der Garage, einen Chrysler.« Eigentlich war es mir ein bißchen peinlich, derart mit meinem Besitz vor dem Gericht zu protzen, aber Phineas hatte darauf bestanden. Anschließend ließ Phineas mich erklären, was diese Apparate im einzelnen tun. »Einspruch«, sagte Calhoun. »Der Angeklagte hat sich bloß ein paar phantasievolle Namen und Funktionen ausgedacht. Er vergeudet die Zeit des Gerichts.« »Ich glaube, das wird Mr. Edison klären«, sagte Richter Renshaw. »Einspruch abgelehnt.« Der Richter blickte erwartungsvoll zu Phineas hin, der gerade rasch eines der Hefte von *Popular Science Monthly* durchblätterte. Nun forderte Phineas mich auf, dem Gericht und Mr. Edison zu erklären, wie ein Fernseher funktioniert »Von einem Sender«, hob ich an, »kommt ein Radiosignal herein und wird von der Fernsehantenne aufgefangen. Dieses Signal wandert dann in den Fernseher und lenkt Strom auf eine Bildröhre, auf der sich viele Punkte befinden. Diese Punkte

leuchten auf, wenn sie von Strom getroffen werden. So entsteht das Bild.« Edison konnte sich kaum noch bezähmen. »Euer Ehren«, sagte Phineas, »erlauben Sie, daß Mr. Edison dem Angeklagten Fragen stellt?« Richter Renshaw nickte.

»Gibt es Drähte, die direkt zu dieser Bildröhre führen?« fragte Edison. Ich dachte nach. »Ich glaube nicht«, sagte ich dann. »Was haben Sie gesagt?« fragte Edison. »Ich glaube nicht«, wiederholte ich.

Edison schien mich noch immer nicht verstanden zu haben.

»Ich glaube nicht«, rief ich.

Er nickte und sagte: »Muß sich in diesem Fall nicht ein Vakuum in der Bildröhre befinden?« »Ich meine schon.« Ich blickte hinüber zu Phineas. Er hielt sich die Hände vor die Augen. »Verwendet der Fernseher Gleichstrom oder Wechselstrom?« wollte Edison wissen.

Wieder überlegte ich. »Nun, ich glaube, er kommt als Wechselstrom aus der Wand.« Im Gerichtssaal erhob sich Gelächter. Phineas hielt weiterhin seine Augen bedeckt, schien aber durch die Finger zu linsen. »Was haben Sie gesagt?« fragte Edison. Er war offenbar schwerhörig.

»Ich glaube, er kommt als Wechselstrom aus der Wand«, rief ich.

»Aber gibt es da einen Transformator oder Gleichrichter?« fragte Edison. »Was ist das?« fragte ich.

»Ein Transformator erhöht die Spannung und senkt die Stromstärke oder umgekehrt, wobei das Produkt konstant bleibt. Bei geringer Spannung geht mehr Energie verloren. Ein Gleichrichter wandelt Wechselstrom in Gleichstrom um.

Ich hatte mordsmäßige Probleme mit meinen Transformatoren für die Pearl Street. Die Kapazitäten hauen nicht hin.« Was Edison da sagte, war äußerst interessant. »Erzählen Sie mir doch etwas von dieser Bildröhre«, fuhr er fort. »Sie sagen, sie leuchtet auf, wenn sie von Strom getroffen wird?« Ich nickte.

»Wie geht das vor sich?« fragte Edison. »Woraus besteht die Bildröhre?«

Ich ging zu Kühlschränken über. »So ein Kühlschrank ist eine phantastische Maschine«, sagte ich. »Er hält mit Strom Nahrungsmittel kühl. Man braucht sich nicht mehr mit großen Eisblöcken abzuschleppen.« »Wie funktioniert so ein Kühlschrank?« fragte Edison. »Drinnen ist ein Motor«, erwiderte ich laut. »Er befördert die Wärme aus dem Kühlschrank.« Peinlich überrascht mußte ich feststellen, daß ich nicht viel mehr über Kühlschränke zu erklären wußte, wenngleich ich sicher war, daß es da nicht viel zu erklären gab. Edison schaute auf seine Uhr.

»TNT«, sagte ich mit Nachdruck. »Es ist ein sehr wirksamer Sprengstoff und eignet sich hervorragend für Waffen.« Die Leute von Aetna stellten das Fächeln ein. »Trinitro und noch was«, fügte ich hinzu. »Sie meinen Nitroglycerin?« fragte Edison. »Nein, nicht Nitroglycerin. Trinitro und noch was.« »Welches sind die Bestandteile?« fragte Edison. »Einer ist Stickstoff«, antwortete ich. Edison blickte mich verachtungsvoll an und sagte: »Ich glaube nicht, daß dieser Bursche auch nur ein Fünkchen von der Technik versteht, egal aus welchem Jahrhundert.

Auf jeden Fall ist er keine Hute für mich.« Damit schritt er aus dem Gerichtssaal. Phineas, sichtlich erschüttert, sagte mir, ich könne mich setzen. Calhoun blickte selbstgefällig drein. Ich fühlte mich gedemütigt. Richter Renshaw räusperte sich und wies darauf hin, daß nun die Zeit für die Schlußplädoyers gekommen sei. Calhoun machte den Anfang. »Meines Erachtens ist deutlich geworden", sagte er mit gleichmütiger Stimme, »daß der Angeklagte keine Kenntnisse einer fortschrittlichen Technik nachgewiesen hat, keinerlei Beweis dafür erbracht hat, daß er wirklich ein Bürger des zwanzigsten Jahrhunderts ist. Daher ersuche ich das Gericht, auf der Basis zu verfahren, daß er entweder ein vorsätzlicher Betrüger ist, der die ehrlichen Bewohner unserer Stadt zu täuschen versucht hat, oder ein gefährlicher Irrer. Die Staatsanwaltschaft empfiehlt fünf Jahre Haft im Gefängnis von Lockwood beziehungsweise eine gleich lange Verwahrung in der Heil- und Pflegeanstalt des Staates Connecticut, je nachdem, was das Gericht für angebracht hält.« Nun waren wir an der Reihe. Mit einem kühnen Schachzug bat Phineas darum, mich ein letztes Mal in den Zeugenstand zu berufen. Er trat an mich heran, lächelte und sagte ruhig »Wissen denn Ihre Freunde im zwanzigsten Jahrhundert Bescheid, wie Fernseher und Automobile und Computer funktionieren?«

Mir war deutlich bewußt, daß ich unter Eid stand. »Bei Acme Electronics in Cambridge gibt es einen Typ, der mir den Fernseher repariert, wenn er kaputt ist«, sagte ich, »aber ich könnte nicht sagen, daß ich ihn richtig kenne.« Ich überlegte. »Als ich in Watertown wohnte, kannte ich einen, der aus Ersatzteilen eine Auto-Bremsanlage bauen konnte. Was Computer angeht...« Ich schüttelte den Kopf. »Es wird empfohlen, sie nicht auseinanderzunehmen.«

»Wollen Sie damit sagen«, fragte Phineas fast flüsternd, »daß nur eine Handvoll Leute aus Ihrem Jahrhundert versteht, wie diese Dinge funktionieren?« Phineas machte sich offensichtlich über mich lustig, wohl um sein eigenes Rettungsboot aufzublasen, während das Schiff im Sinken begriffen war. Ich konnte es ihm eigentlich nicht verübeln, zumal da er recht hatte, aber es machte mich wütend.

»Wissen Sie denn, wie ein *Telegraph* funktioniert?« fragte ich Phineas zornig.

«Ich erhebe Einspruch«, sagte Calhoun und sprang auf. »Das Wissen und die Glaubwürdigkeit meines Kollegen Mr. Howe tun hier nichts zur Sache. Außerdem ist es für einen Angeklagten äußerst unschicklich, mit seinem Rechtsbeistand zu streiten.«

»Einspruch stattgegeben", sagte Richter Renshaw gähmend.

»Wissen Sie, wie ein *Telegraph* funktioniert?" sagte ich zu dem Richter. Phineas geleitete mich rasch zu unseren Plätzen zurück.

»Hat der Pflichtverteidiger noch etwas zu sagen?« wollte Richter Renshaw wissen.

Phineas war dabei, sich rasch etwas aufzuschreiben, und benutzte dazu einen zerkauten Bleistift, den er mit seinem Taschenmesser schon zu einem bloßen Stummel gekürzt hatte. »Haben Sie etwas zu schreiben bei sich?« flüsterte er aufgeregt.

»Natürlich«, antwortete ich und holte einen Kugelschreiber aus der Tasche. Er griff hastig danach und setzte seine Notizen fort, ohne aufzublicken. Plötzlich hielt er inne und starrte auf den Kuli. Er drückte auf den Knopf und beobachtete, wie die Mine verschwand. Er drückte nochmals, und die Mine kam wieder heraus. »Blödmann«, sagte er milde. »Schauen Sie sich das bitte an!« Er trat, den Kuli vor sich haltend, an den Richtertisch. Nach lebhaftem Gemurmel winkte der Richter Calhoun zu sich. Dann bat er uns alle in sein Arbeitszimmer.

Natürlich wurde ich freigesprochen, wenngleich die Leute von Aetna nie recht verstanden, warum. Nach dem Prozeß kam es zu einem gewissen Aufsehen, und es erschien ein Reporter von der Hartford Times. Er hatte einen Fotografen bei sich. Er wollte offenbar ein Bild von mir haben, wie ich auf einem Pferd ritt.

»Der Mann aus dem zwanzigsten Jahrhundert, vorübergehend in Ungelegenheiten, zu Pferde unterwegs« oder etwas in diesem Sinne. Gegenüber dem Bezirksgebäude hatte sich ein kleiner Auflauf gebildet, und der Reporter war da und der Fotograf und Phineas, und ich stieg auf das Pferd. Ich muß es wohl verkehrt herum bestiegen haben, denn das nächste, woran ich mich erinnere, war, daß ich abgeworfen worden war und bei L. T. Frisie and Sons mit dem Kopf voran gegen einen Laternenpfahl flog. Das war das letzte, was ich vom alten Hartford sah. Als ich erwachte, lag ich in meinem Wohnzimmer auf dem Fußboden, eingedeckt mit Staub. Meine Frau betupfte meine Stirn mit einem feuchten Tuch. Sie seufzte erleichtert, als ich die Augen aufschlug. »Liebling, wo warst du?« sagte sie. »Über eine Stunde lang konnte ich dich nicht finden, und dann hörte ich einen dumpfen Schlag und fand dich hier bewußtlos.« Ungeachtet meiner Kopfschmerzen brachte ich ein Lächeln zustande.

DER URSPRUNG DES UNIVERSUMS

In den letzten Jahrzehnten haben die Physiker ihre Theorien der Materie und der Energie immer weiter in die Vergangenheit vorangetrieben, immer näher heran an den Urknall, mit dem vor rund zehn Milliarden Jahren das Universum begann. Inzwischen ist es sogar üblich geworden, daß Wissenschaftler sich öffentlich über »den Ursprung des Universums« äußern. Wenn Sie solche Vorträge besuchen, merken Sie jedoch bald, daß Sie keineswegs *den Ursprung* geboten bekommen, sondern eine Milliardstel- oder Billionstelsekunde später. So kam es, daß ich mit eher beiläufigem Interesse meinen Platz einnahm, als im Frühjahr 1984 in Harvard wieder einmal ein Vortrag über »den Ursprung des Universums« auf dem Programm stand. Vortragender war der britische Naturwissenschaftler Stephen Hawking. Der Saal war gerammelt voll. Hawking, damals zweiundvierzig, ist zu einem der maßgebenden theoretischen Physiker unserer Zeit geworden. Gleichzeitig leidet er seit Jahren an einer sich verschlimmernden Erkrankung der motorischen Nerven, die zwar seinen Körper verheert, seinen Geist aber verschont hat. An diesem Nachmittag, während Hawking, in seinem Rollstuhl sitzend, mühsam eine Reihe von Lauten hervorbrachte, die von einem Studenten in Wörter übersetzt wurden, ging mir allmählich auf, wovon Hawking sprach. Er hatte die ganze Strecke in die Vergangenheit zurückgelegt. Zum ersten Mal nahm ein überragender Wissenschaftler den Anfangszustand des Universums in Angriff, nicht einen Sekundenbruchteil nach dem Urknall, wie ich es schon wiederholt gehört hatte, sondern den Anfang selbst, den Moment der Schöpfung, die ursprüngliche Verteilung von Materie und Energie, aus der später Atome und Galaxien und Planeten hervorgehen sollten. Unter anderen Umständen werden Physiker kaum zögern, über Anfangsbedingungen zu sprechen. Die »Anfangsbedingungen« und die »Gesetze« bilden zusammen die beiden wesentlichen Elemente eines jeden Modells der Natur. Die Anfangsbedingungen sagen uns, wie die Teilchen und die Naturkräfte am Beginn eines Experiments angeordnet sind. Die Gesetze sagen uns, was anschließend passiert. Etwaige Vorhersagen beruhen auf beiden Elementen. Wenn Sie zum Beispiel ein Pendel in Schwingungen versetzen, wird seine Bewegung bestimmt sein sowohl von der anfänglichen Auslenkung, bei der Ihre Hand es losgelassen hat, als auch von den Gesetzen der Gravitation und der Mechanik. Hawkings Pendel ist nun aber das gesamte Universum. Und er versucht, das, was bisher von Theologen ebenso wie von Naturwissenschaftlern als gegeben vorausgesetzt wurde, logisch zu ergründen. Aus Hawkings Gleichungen für den Anfangszustand des Universums ließe sich unter Hinzunahme der Naturgesetze das vollständige Schicksal des Universums vorhersagen. Sie könnten uns verraten, ob unser Universum sich endlos ausdehnen oder ob es eine Maximalgröße erreichen und danach in sich zusammenstürzen wird. Sie könnten vielleicht die Existenz von Planeten, die Existenz der Zeit erklären. Wie würde man überhaupt herausbekommen, ob Hawkings Gleichungen richtig sind? War der menschliche Geist überhaupt fähig, die Schöpfung zu begreifen? Und - nicht minder verwirrend - wie kam die Wissenschaft zu einem derart

unverschämten Selbstvertrauen? Diese Fragen stellte ich mir und einem benommenen Kollegen, während wir den Vortragssaal verließen und uns, vorbei an Autos und Kindern in Baseball-Fanghandschuhen, vom Campus entfernten. Die Physiker sind heute nicht bescheiden - und mit einer gewissen Berechtigung. Gerade in diesem Jahrhundert haben sie ein neues Gesetz der Gravitation, eine Theorie der starken Kernkraft und eine einheitliche Theorie der elektromagnetischen Kraft und der schwachen Kernkraft entdeckt und erfolgreich getestet. Sie haben weitere Gesetze vorgeschlagen, in denen möglicherweise alle Naturkräfte vereinigt sind. Physiker haben bewiesen, daß die Zeit nicht gleichförmig fließt und daß subatomare Teilchen an mehreren Orten gleichzeitig zu sein scheinen. Diese Siege, oft in Gebieten, die der menschlichen Sinneswahrnehmung gänzlich entzogen sind, haben ein starkes Selbstvertrauen geschaffen. Bei manchen der etwas voreiligen Vorstöße hat die Theorie die Beobachtung, gar nicht zu reden von der Anwendung, weit hinter sich gelassen. So sagte zum Beispiel die in den sechziger Jahren entwickelte einheitliche Theorie der elektromagnetischen Kraft und der schwachen Kernkraft die Existenz neuer Teilchen vorher, die in den achtziger Jahren im Laboratorium entdeckt wurden. Superdichte Sterne mit einem Durchmesser von 24 Kilometern wurden in den dreißiger Jahren vorhergesagt, über dreißig Jahre vor ihrer erstmaligen Beobachtung im All, Tausende von Lichtjahren von der Erde entfernt. Einsteins allgemeine Relativitätstheorie sagte voraus, daß ein Lichtstrahl eines Sterns, der dicht am Sonnenrand vorbeiläuft, durch die Schwerkraft der Sonne eine Ablenkung um fünf Zehntausendstel Grad erfahren würde. Als dieser kaum meßbare Effekt einige Jahre später durch ein neues Experiment bestätigt wurde und Einstein so tat, als sei das nichts Besonderes, fragte ihn ein Student, was er getan hätte, wenn seine Vorhersage widerlegt worden wäre. Dann, sagte er, hätte es ihm um den lieben Gott leid getan, weil »die Theorie stimmt«.

Mit einem solchen Selbstvertrauen haben die Physiker sich daran gewöhnt, ihre Theorien auf Sachverhalte zu übertragen, die der menschlichen Beobachtung unzugänglich sind. Ein extremes Beispiel dieser Art ist Hawkings Arbeit über den Anfang des Universums. In der Evolution des Universums insgesamt muß die Gravitation als die dominierende Kraft berücksichtigt werden. Hawking hat Einsteins Gravitationstheorie auf eine Zeit übertragen, die nicht bloß der Entstehung des Lebens, sondern auch der Bildung von Atomen vorausging. Noch merkwürdiger: Das frühe Universum war dermaßen verdichtet, daß sein gesamter Inhalt, die Geometrie des Raumes eingeschlossen, sich in der verschwommenen, schwer festzumachenden Art und Weise subatomarer Teilchen verhielt. Die zur Beschreibung eines solchen Verhaltens benötigte Methodologie ist die Quantenmechanik, und die Anwendung dieser Methodologie auf die Gravitation bezeichnet man als Quantengravitation. Nach der Theorie der Quantengravitation war es möglich, daß das gesamte Universum aus dem Nichts entstand.

Hawking hat die Art von Universum, die aus dem Nichts entstanden sein könnte,

mathematisch untersucht. Würde das junge Universum von endlicher oder von unendlicher Ausdehnung sein? Würde es sich in sich selbst zurückkrümmen? Würde es nach allen Richtungen gleich aussehen? Würde es sich rasch oder langsam ausdehnen? Die Antworten auf diese Fragen sind in einer schwierigen Gleichung versteckt. Es wird vermutlich lange dauern, bis diese Gleichung gelöst ist, und noch länger, ihre Vorhersagen zu überprüfen, und es könnte sein, daß sie schlicht falsch ist. Dennoch drückt sich in ihr ein ungeheures Vertrauen in das Vermögen der menschlichen Vernunft aus, die natürliche Welt zu enthüllen. Hawking hat sich wie Darwin in Gebiete vorgewagt, die menschlichen Wesen und besonders Wissenschaftlern bis dahin verboten waren. In Hawkings Arbeit, mag sie richtig oder falsch sein, wird das Erkenntnisvermögen des Menschen und sein Anspruch auf Erkenntnis gefeiert.

Die Menschen haben sich immer danach gesehnt, ihre Welt zu verstehen und zu beeinflussen, doch sind sie ständig auf Hindernisse gestoßen. In verschiedenen Zeiten und Kulturen haben sie auf unterschiedliche Weise versucht, ihren Weg zu klären — in primitiven Kulturen mit Magie, in entwickelteren Gesellschaften mit Religion und Wissenschaft. Der primitive Mensch glaubt, die Natur und andere Menschen mit Magie beeinflussen zu können. Er glaubt, er könne Regen machen, indem er auf eine Tanne klettert und durch Schlagen auf ein ausgehöhlttes Stück Holz den Donner imitiert. Er glaubt, er könne eine kühlende Brise herbeiführen, indem er ein Pferdehaar um einen Stock schlingt und diesen durch die Luft schwenkt. Doch mit wachsender Erfahrung erkennt der Mensch, daß diese Methoden ihre Grenzen haben. Regen und kühle Brisen kommen nicht immer nach Wunsch. Auf dieser Entwicklungsstufe, heißt es bei dem Anthropologen Sir James Frazer in *Der goldene Bogen*, hört der Mensch auf, sich auf sich selbst zu verlassen, und unterwirft sich höheren Wesen. Damit beginnt die Religion. Und ein Aufgeben der persönlichen Macht. Mein Rabbiner sagte mir einmal, der Mensch habe immer aus Gott gemacht, was er selbst zu sein wünschte. Doch mit wachsender Erkenntnis muß auch dieses neue Rechnen mit dem Universum revidiert werden. Den Göttern, die Ausdruck der Unwissenheit des Menschen und seines Aberglaubens sind, wurde nämlich vielfach zusammen mit ihren Fähigkeiten eine menschliche Persönlichkeit zugeschrieben. Die Götter werden betrunken, wie es den babylonischen Gottheiten an dem Abend geschah, bevor Marduk hinauszog, um gegen das Chaos zu kämpfen. Sie sind neidisch und gehässig wie Hera, die das Volk der Trojer vernichtete, weil sie bei einem Schönheitswettbewerb, in dem ein Trojaner Schiedsrichter war, nur Zweite geworden war. Sollten die Naturerscheinungen von solchen Göttern abhängig sein, müßten sich deren Launen und Leidenschaften in ihnen äußern. Doch je länger der Mensch die Natur studiert, desto mehr Beweise findet er für regelhaftes Verhalten. Die Jahreszeiten kehren wieder, die Sterne bewegen sich auf einer bestimmten Bahn, und Steine fallen auf eine vorhersagbare Weise. Das Studium dieser Regelmäßigkeiten bestimmt die wissenschaftliche Methode. Durch die Wissenschaft gewinnt der Mensch einen Großteil seines ursprünglichen

Vertrauens in die eigene Kraft zurück, wobei an die Stelle der Beeinflussung nun das Wissen tritt. Wissen ist Macht. Der Mensch ist vielleicht nicht imstande, das Wetter zu beeinflussen, aber er kann versuchen, es vorherzusagen. Mit dem Beginn der modernen Wissenschaft in Europa wurden Mondfinsternisse gemessen, Leichen seziiert, mit den neuen Fernrohren Berge auf dem Mond beobachtet, wurde Seewasser durch Mikroskope betrachtet, wurden Magnete und Elektrizität erforscht. Kopernikus erklärte, daß die Erde die Sonne umkreist. Paracelsus verkündete, daß Krankheiten nicht durch innere Säfte, sondern durch Kräfte außerhalb des Körpers verursacht werden. Galilei zeigte auf, daß bewegte Körper ihre Bewegung beibehalten, solange nicht äußere Faktoren auf sie einwirken.

Doch in einer untergründigen Strömung der menschlichen Kultur hielt sich die Vorstellung, daß es Erkenntnisse gibt, die den Sterblichen verwehrt oder unzugänglich sind. Adam und Eva wurden dafür bestraft, daß sie vom verbotenen Baum der Erkenntnis aßen, der ihnen die Augen öffnete, so daß sie »wie Götter« waren. In Miltons *Verlorenem Paradies* bittet Adam den Engel Raphael, ihm die Schöpfung zu erklären Raphael enthüllt ihm ein wenig und sagt dann:

» ... das Andre

Verbarg dem Menschen und dem Engel weislich der große Meister, daß nicht sein Geheimniß

Durch die ergrübelt werde, dies vielmehr Bewundern sollten .. «

Doktor Faustus wandte sich der Erkenntnis wegen an andere Autoritäten und mußte mit seiner Seele bezahlen. Es wurde auch angezweifelt, daß das Universum insgesamt der menschlichen Rationalität zugänglich sei. Hatte Descartes die Welt mit einer riesigen Maschine verglichen, so sahen viele in solchen Reduktionen eine Gefahr für die Allmacht Gottes. In seinem Verdammungsurteil von 1277 machte der Bischof von Paris klar, daß noch so viel menschliche Logik nicht imstande sei, Gott in Seiner Freiheit zu hindern, zu tun, was Ihm beliebt. Selbst Isaac Newton, der Erzlogiker und -reduktionist und Kenner aller Naturerscheinungen, geht am Ende der *Prinzipien* im Scholium Generale aus sich heraus und bekennt, daß die regelnahen Bewegungen von Monden und Planeten nicht aus »mechanischen Ursachen« zu erklären seien, sondern »allein durch den Ratschluß und unter der Herrschaft eines intelligenten und mächtigen wahrhaft seienden Wesens entstehen« konnten. Überdies sei es einem sterblichen Menschen unmöglich, die Kunstfertigkeit dieses göttlichen Balanceakts zu ergründen: »Wie der Blinde keine Vorstellung hat von den Farben, so haben wir keine Vorstellung von den Arten und Weisen, in denen der weiseste Gott alles wahrnimmt und erkennt.« Newton, Wissenschaftler und zugleich Gläubiger, war gefangen zwischen seiner eigenen Macht der Vernunft und der unerkennbaren Macht Gottes. Aber das Unerkennbare lockte wie eh und je, und der Mensch fürchtete sich zwar, die Schleier zu lüften,

fühlte sich aber dennoch gedrängt, es zu versuchen. Nach Newton erhob sich eine große Debatte, ob das Sonnensystem rational erklärt werden könne. In späteren Jahrhunderten kam es zu ähnlichen Debatten. Im 18. und 19. Jahrhundert stritten Geologen dann, ob Veränderungen der Erde durch allmähliche, dem Naturgesetz gehorchende Transformationen zustande gekommen seien oder durch plötzliche, von einem sich einmischenden Gott befohlene Katastrophen. Wie man im ausgehenden 19. Jahrhundert dachte, unmittelbar bevor Madame Curie herausfand, daß das geheiligte Atom sich spalten ließ, beschreibt Henry Adams folgendermaßen; »... seit Bacon und Newton hatte das englische Denken immer wieder unduldsam beteuert, daß niemand versuchen dürfe, das Unerkennbare zu erkennen, und zugleich dachte jeder unausgesetzt daran.« Das Unerkennbare, das bekannt wurde, war für Henry Adams das Atom. Für moderne Biologen ist es die Struktur der DNS und möglicherweise die Erschaffung von Leben. Für Astronomen ist es die Entfernung zu den Galaxien und die Gestalt des Kosmos; für moderne Physiker vielleicht die große einheitliche Kraft und die Geburt des Universums. Schicht für Schicht wurde das Unerkennbare aufgeblättert, untersucht und rational gemacht. Die Wissenschaftler von heute, gedemütigt durch ihre schrumpfende Größe im Kosmos, aber ermutigt durch ihren Erfolg, sich darauf einzustellen, haben das gesamte physikalische Universum als ihr rechtmäßiges Territorium abgesteckt. Und sie wollen sich von ihren Theorien und Gleichungen zu Orten bringen lassen, die sie mit ihrem Körper nicht erreichen können. In der Einleitung zu einem seiner neueren Aufsätze sagt Hawking: »Viele möchten behaupten, daß die [Anfangs]bedingungen [des Universums] nicht Teil der Physik sind, sondern in die Metaphysik oder die Religion gehören. Sie möchten behaupten, daß die Natur völlige Freiheit hatte, mit dem Universum nach ihrem Belieben zu beginnen ... Doch alle Tatsachen sprechen dafür, daß [das Universum] sich regelhart nach bestimmten Gesetzen entwickelt. Daher erscheint es vernünftig anzunehmen, daß es auch Gesetze gibt, welche die [Anfangs]bedingungen regeln.«

Für mich ist Hawkings Arbeit, auch wenn sie sich durch Kühnheit auszeichnet, eine natürliche Fortsetzung dessen, was die Wissenschaft in den letzten fünfhundert Jahren getan hat. Es bleibt aber die Frage: Ist, nachdem die Physik die Geburt des Universums auf eine Gleichung reduziert hat, noch Platz für Gott? Ich stellte sie einem Kollegen, der wichtige Berechnungen zum Ursprung des Universums angestellt hat und zugleich andächtig an Gott glaubt. Er antwortete mir, die Physik könne zwar beschreiben, was geschaffen worden ist, doch die Schöpfung selbst liege außerhalb der Physik. Aber mit Ihren Gleichungen, warf ich ein, lassen Sie Gott keine Freiheit. Und er antwortete: »Aber das hat Er so gewollt.«

WIE DAS KAMEL ZU SEINEM HÖCKER KAM

Es ist Abend, und ich bringe meine Tochter zu Bett. Sie sitzt in ihrem gelben Schlafanzug neben mir, den Kopf an meine Schulter gelehnt. Schon zum dritten Mal lesen wir die *Just So Stories*. Meine Tochter möchte wissen, ob der Zaubergeist Dschinn, der Herrscher aller Wüsten, tatsächlich bewirken konnte, daß der Rücken des Kamels sich so plötzlich aufblähte, und wozu der Höcker überhaupt gut ist. Sie hat es mich schon einmal gefragt. Heute bin ich darauf vorbereitet, denn ich habe in der Bibliothek unter Kamelen nachgeschlagen und Freunde befragt, die sich auskennen. Der Höcker, erkläre ich, besteht aus Fett, und das brauchen alle Tiere, um davon zu zehren, wenn sie kein Futter finden können. Das Kamel bewahrt sein gesamtes Fett an einer Stelle auf, auf dem Rücken, damit der übrige Körper sich leichter abkühlen kann. Kühl zu bleiben ist wichtig in der Wüste. Der Pinguin muß sich dagegen warm halten, und er verteilt sein Fett in einer dicken Schicht über den ganzen Körper, wie eine Decke, ich packe meine Tochter warm ein.

»Papa, Kamele sind verdammt schlau, stimmt's?« sagt sie gähnend.

»Eigentlich nicht«, sagte ich. »Die Kamele sind nicht selbst auf die Lösung ihrer Probleme gekommen. Die Natur hat Millionen und Abermillionen Jahre an den Kamelen gearbeitet und viele Fehler gemacht, bevor sie die richtige Form hatten.«

Ich mache das Licht aus. Die Straßenlampe scheint durch das Fenster herein. Ich denke an meine Fahrt nach New York letzte Woche, wie ich abends mit dem Bus in die Stadt kam, alle Gebäude und Hochhäuser hell beleuchtet, schlank und schön und fragil, wie Miniaturen. Und dann, als auf der Queensboro-Brücke die Straßenlampen eine nach der anderen vorübergleiten, die Lichtpulse auf dem Vinylsitzbezug vor mir, die ihn erscheinen lassen wie eine pulsierende Haut, die ganz dünne Haut am Hals eines Menschen, die mit jedem Pulsschlag des Blutes in den darunter liegenden Adern erbebt. Meine Tochter niest. »Rate mal, Papa, was ich heute in der Schule gemacht habe«, sagt sie. »Was?«

»Einen Pilgervater, für das Dankfest. Und vorher bin ich auf der Leiter bis zur vierten Sprosse geklettert. Zur vierten Sprosse. Mrs. Gauthier hat's gesehen.« Ich küsse sie und gehe ans Fenster. »Komm her und schau dir mit mir den Mond an«, wispere ich. Sie steht auf und geht auf Zehenspitzen barfuß über den Teppich. Wir machen die weiße Jalousie auf.

»Menschen sind zum Mond geflogen und darauf herumspaziert«, sage ich. »Erst vor ein paar Jahren.« Ein Auto unten in der Straße durchbricht die Stille der Nacht.

Wieder schaue ich zum Mond hinauf, der im All schwebt, und stelle mir riesige Stahlräder vor, die still in der Dunkelheit über uns rotieren. Ich stelle mir Tausende von Satelliten vor, die in allen Richtungen um den Planeten sausen und nur knapp einem Zusammenstoß entgehen. Ich denke an glatte Zylinder, die plötzlich hinaufgeschossen werden, mit dem roten Feuer aus ihren Düsen die Nacht erhellen, einen Bogen zu Städten schlagen. Neue Spielsachen neuer Geschöpfe. Und unten wartet die alte Erde.

»Zurück ins Bett«, flüstere ich meiner Tochter zu. Ich packe sie wieder warm ein, lege die Decke sorgfältig um ihre Brust.

»Papa«, sagt sie, »wirst du mir wieder von dem Dschinn vorlesen, und wie er durch Zauberei den Höcker aufblähte?« »Ein andermal«, sage ich.

EISENLAND

Als ich vor einiger Zeit abends still lesend am Kamin saß, klopfte ein Unbekannter, der mit einem Kapuzenmantel bekleidet war, an meine Tür, überreichte mir ein zerknittertes Sendschreiben und ging rasch davon. Ich hätte seiner merkwürdigen Geschichte, die ich im folgenden abdrucke, nicht sonderlich Glauben geschenkt, hätte ich nicht später bemerkt, daß das Holz an der Stelle, wo er den Türrahmen berührt hatte, eingedrückt war.

Ich bin tagelang durch die Straßen gezogen, praktisch blind, auf der Suche nach einem anderen Wesen meiner Art. Wie ich durch die Weite des Alls hierhergekommen bin, kann ich nicht sagen, aber ich fühle mich verpflichtet, Ihnen etwas über meine Heimat mitzuteilen. Ich werde unsere Welt Eisenland nennen, nicht weil wir sie so nennen, sondern um ihre Eigenart für Sie deutlicher zu machen. In Eisenland ist alles aus Eisen. Andere Elemente kommen nicht vor. Stellen Sie sich ein Land vor ohne Luft, ohne Regen, ohne Gras, ohne Sauerstoff oder Wasserstoff oder Kohlenstoff. Stellen Sie sich einen Planeten vor, auf dem es nur Eisen gibt und das, was aus Eisen gemacht werden kann. Da wir eine andere Lebensweise nicht kennen, betrachten wir diesen Zustand als ganz selbstverständlich.

Unsere Welt ist viel einfacher als Ihre. Zunächst ist Chemie etwas Unbekanntes, da es andere Elemente, die mit Eisen reagieren könnten, nicht gibt. Ich war erstaunt über die unzähligen chemischen Phänomene bei Ihnen. Photosynthese, Batteriestrom, Geschmack. So etwas haben sich nicht einmal unsere Science-fiction-Autoren auszudenken vermocht. Dennoch genießen wir gewisse Freuden. Sie werden sofort begreifen, daß unsere Strukturen sehr viel haltbarer sind als Ihre. Ohne Korrosion und Zerfall halten sich unsere prächtigen Häuser für immer und bewahren ihre ursprüngliche grauweiße Farbe. Ich vermute, daß Architekten in Ihrer Welt, besonders diejenigen, die bestrebt sind, daß ihre Gebäude tausend Jahre überdauern, die Oxidation als ein gräßliches Ärgernis empfinden. Alterungsprozesse aller Art verlaufen ja in einer Welt mit Chemie sehr viel rascher, auch wenn damit nicht erklärt ist, warum Ihre Geschöpfe selten länger als hundert Erdenjahre leben.

Vielleicht möchten Sie wissen, was in Eisenland das Belebte vom Unbelebten unterscheidet, und ich werde es Ihnen sagen. Wir erleben die Natur in ihrer einfachsten Form und sind zu dem Schluß gelangt, daß Leben im Grunde in Information besteht - und in Mechanismen, diese Information auszudrücken. Nun hat Eisen, wie Sie wissen, magnetische Eigenschaften. Vor einigen Jahren entdeckten unsere Wissenschaftler, daß die mikroskopischen magnetischen Bereiche in unserer lebenden Materie nach bestimmten Mustern ausgerichtet sind. Wenn Sie sich also vorstellen, daß jedes dieser Gebiete ein Magnet ist, dann weisen die kleinen Nordpole in der belebten Materie in ganz bestimmten Anordnungen nach oben oder unten, entsprechend den Folgen von Punkten und Strichen Ihres Morsecodes oder den An- und Aus-Schaltern in Ihren Computern. Jede Information läßt sich auf eine solche Folge reduzieren und speichern. In leblosen Formen wie Felsen und Hämmern weisen die winzigen inneren

Magnete wahllos in beliebige Richtungen, ohne Bezug aufeinander. In einem Fels steckt nicht mehr magnetische Information als in einem Wort, das sich aus wahllos herausgegriffenen Buchstaben des Alphabets zusammensetzt.

In unserer Gesellschaft spielt der Magnetismus eine ähnliche Rolle wie das Geld in der Ihren. Er ist Grundlage unseres sozialen Status. Doch die Kommission der Magnetometer, der Teufel soll sie holen, hat uns das System mehr oder weniger aufgezwungen. Den Unterschichten, etwa den Schweißern, wird ein Magnetfeld von insgesamt nur 100 Gauss zugestanden. (Um des besseren Verständnisses willen habe ich unsere magnetischen Einheiten in Ihre umgerechnet. Ein Gauss ist, wenn ich nicht irre, das Zweifache der magnetischen Feldstärke Ihres Planeten.) Die Mittelschichten, zu denen Bildhauer und Ärzte gehören, dürfen bis zu 1000 Gauss besitzen. Manche Mitglieder der Oberschichten - ich weiß es speziell von einem Politiker — haben magnetische Felder von 10000 Gauss und mehr aufzuweisen. Ich werde Ihnen jetzt etwas verraten, aber das darf auf keinen Fall in meiner Welt bekanntwerden. Einige von uns haben bemerkt, daß mit zunehmendem Status die Dummheit zunimmt. Schließlich sind wir hinter die Ursache gekommen. Um zu einer hohen Gesamtmagnetisierung zu gelangen, müssen die mikroskopischen magnetische Bereiche in einer Person sich so ausrichten, daß die meisten der kleinen Nordpole in dieselbe Richtung weisen. Sonst heben sie einander teilweise auf und senken so die gesamte magnetische Stärke. Wenn aber eine größere Zahl der mikroskopischen Magnete in ihrer Orientierung beschränkt ist, stehen weniger davon für die Speicherung von Information zur Verfügung. Es ist so, als würde ein immer größerer Anteil der Buchstaben in einem Wort darauf beschränkt, allein aus dem Buchstaben *a* zu bestehen. Der Extremfall ist erreicht, wenn alle mikroskopischen Magnete in dieselbe Richtung weisen und ein maximales magnetisches Feld von über 20000 Gauss erzeugen. An diesem Punkt ist sämtliche Intelligenz zugunsten des Status aufgegeben worden.

Ich selbst besitze 300 Gauss, was meines Erachtens ausreicht, um über die Runden zu kommen, aber nicht so viel ist, daß es mir zu Kopf steigt. Ich bin Schriftsteller. Oft habe ich Dankbarkeit für dieses bescheidene Talent empfunden, da ich ziemlich unscheinbar bin und es mir entschieden an der geschliffenen Lebensart gebricht. Meiner lieben Partnerin wurden kürzlich 310 Gauss bescheinigt, obwohl sie mehr verdient hätte. Ihr nettes Wesen fiel mir gleich am ersten Tag auf, als wir uns in der Gießerei kennenlernten. Wenn ich sage »auffiel«, dann müssen Sie dazu wissen, daß unsere Sinneswahrnehmungen ausschließlich magnetischer Art sind und praktisch nach denselben Prinzipien funktionieren wie manche Ihrer Metalldetektoren.

Vielleicht sollte ich besser erklären, was es bei uns mit der Sexualität auf sich hat. Was bei Ihnen männlich und weiblich ist, das entspricht in unserem Land ungefähr dem Nord- und Südpol eines Magneten. Nun weist jeder Magnet beide Pole auf, und so ist jede Person in Eisenland bisexuell. Man kann jemand anderen äußerst anziehend oder abstoßend finden, je nachdem, wie man in bezug auf ihn steht oder sitzt. Beim Werbungsverhalten muß man, wie Sie sich

vorstellen können, großes Zartgefühl beweisen, und noch nach vielen Ehejahren kann es passieren, daß man in eine unangenehme Position schlittert.

Wie man hei uns sagt, ist es im allgemeinen möglich, mißratene Ehegatten umzudrehen. Es kommt jedoch vor, daß man einer ganzen Gruppe von unangenehmen, fehlgeleiteten Leuten begegnet, und das führt zum Krieg. Bedauerlicherweise leidet die Kriegsführung in Eisenland unter einem Mangel an durchschlagenden Waffen. Da wir keine chemischen Reaktionen kennen, fehlen uns chemische Sprengstoffe. Ach, was könnte ich mit ein bißchen von Ihrem Schießpulver oder TNT zu Hause alles anfangen!

Was viel schlimmer ist: Wir sind bei dem Versuch, nukleare Munition zu schaffen, kläglich gescheitert. Der Grund ist allerdings, wie ich zugeben muß, nicht ohne Faszination. Zwischen den Teilchen des Atomkerns gibt es, wie Sie ja wissen, zweierlei Wechselwirkungen: eine abstoßende elektrische Kraft, die unter den Protonen wirksam ist, und eine anziehende Kernkraft, die unter Protonen und Neutronen gleichermaßen wirksam ist. Die erstgenannte Kraft gleicht einer zusammengedrückten Feder, die letztere einer gedehnten Feder, und beide möchten in ihre natürliche Position zurückspringen, wodurch Energie frei wird. Leider ziehen die beiden Arten von Federn in entgegengesetzter Richtung, so daß Energie, die aus der einen gewonnen wird, aus der anderen Art verloren geht. Zu einer Explosion kommt es natürlich nur, wenn mehr Energie freigesetzt als absorbiert wird. Die Fissionsbomben, die Sie haben, erzeugen die Energie durch Spaltung der Kerne. Das geht aber nur bei schweren Kernen wie Uran. Bei leichten Kernen wie Wasserstoff wird Energie dadurch frei, daß sie vereinigt werden. Derartige Waffen heißen bei Ihnen Fusionsbomben. Jetzt, wo ich diese Dinge verstehe, ist es eigentlich nicht verwunderlich, daß ein bestimmter Atomkern unglücklicherweise genau dazwischen hängt - weder genügend leicht, um durch Fusion, noch genügend schwer, um durch Fission Energie zu liefern. Bei ihm heben sich die zusammengedrückten und die gedehnten Federn gegenseitig vollkommen auf. Dieser seltsame, nutzlose Kern ist kein anderer als Eisen, das einzige Element unserer Welt.

Da wir uns durch eine gewisse Intelligenz und Findigkeit auszeichnen, haben wir gleichwohl Wege gefunden, uns gegenseitig umzubringen. Man kann einen Feind immer noch bis zur Vergessenheit erhitzen. Wenn Eisen auf 768 Grad - noch weit unter seinem Schmelzpunkt — erhitzt wird, büßt die Substanz ihren gesamten Magnetismus ein. Bei dieser Hitze werden die winzigen inneren Magnete gänzlich orientierungslos. Der Tod tritt durch den Verlust allen Wissens, des Selbstgefühls und des Status ein, ohne aber das Material zu zerstören. Recht human, finden Sie nicht auch?

Wir sind gebildete Leute. Unsere Dichter können nicht von Ozeanen schreiben, aber sie haben sich Gedanken gemacht über die latente Stille niedriger Temperaturen, die Textur eines gestauchten isometrischen Kristallgitters, das innere Schäumen magnetischer Stürme. Unsere Künstler können nicht malen, aber sie haben gewundene Skulpturen geschaffen, deren Kräfte schraubenförmig prickeln. Auf die primitivste Form des materiellen Universums beschränkt,

haben wir uns dennoch zu großen Höhen des Ausdrucks aufgeschwungen. Nun wissen Sie ein wenig über Eisenland. Ich würde noch viel mehr schreiben, aber die Zeit läuft mir davon. Schon roste ich in Ihrer scheußlichen Luft und muß mich verabschieden. Auf Wiedersehen!

ANDERE RÄUME

In den Jahren, in denen ich mich auf eine Laufbahn als Wissenschaftler vorbereitete, präokkupierte von der Eigengesetzlichkeit von Gleichungen und Instrumenten, kam es immer wieder vor, daß Menschen mit ihren persönlichen Eigenarten sich in meine Ausbildung einmischten. Mein Jugendfreund John, der mich bei ersten wissenschaftlichen Tastversuchen begleitete, konfrontierte mich erstmals mit der Vorstellung, daß man auch durch eine Nebentür zum Erfolg gelangen könne. Seine Apparate funktionierten und meine nicht. Er bewahrte sich nie die Bauanleitungen auf, die neuen Teilen beigegeben waren, er zeichnete nie Schaltbilder auf, und seine Verdrahtungen zogen sich wie betrunken über die Schalttafel, aber er hatte eine zauberische Geschicklichkeit, und wenn er sich mit gekreuzten Beinen auf dem Fußboden seines Zimmers niederließ und zu basteln anfang, dann summten die Transistoren. Es half nichts, ihm über die Schulter zu schauen und so dahinterzukommen, warum es bei ihm klappte und bei mir nicht, und erklären konnte er auch nichts. John verplemperte seine Zeit nicht damit, Theorie zu büffeln.

Nachmittags schaute ich von der Schule aus bei ihm vorbei, mit einer Idee, die ich im *Popular Science* gelesen hatte, oder mit einem interessanten eigenen Plan, und oft fand ich John spindeldürr auf dem Bett ausgestreckt, dumpf vor sich hinbrütend, weil er wieder einmal einen Schwung miserabler Noten heimgebracht hatte. Ich brauchte ein neues Projekt nur zu erwähnen, ohne es auch nur im geringsten zu beschreiben, und schon wurde er munter und legte los wie ein Jazzmusiker, der eine nichtssagende Melodie in eine pulsierende, lebenssprühende Klangkaskade verwandelt, ohne je einen einzigen Akkord zu notieren. Sofort holte er elektrische Drähte, Löteisen, Chemikalien und was immer er für nötig hielt aus Kisten hervor, die sich überall türmten (mein Zimmer litt diesbezüglich unter zu großer Ordentlichkeit), und kam gleich zur Sache, wobei im Hintergrund meistens eine Bob-Dylan-Platte heulte. Bald hatten wir uns völlig vergessen, ließen Bücher, Formeln und Schulaufgaben hinter uns und gingen ganz auf in wunderbaren wissenschaftlichen Versuchsvorrichtungen, weit weg von der winzigen Stimme von Johns Mutter, die ihn zum Abendessen rief.

Am erfolgreichsten war unsere Zusammenarbeit bei einem Projekt, das wir während meines ersten Jahres an der High School zum Bezirkswettbewerb »Jugend forscht« einreichten. Es ging um ein Kommunikationsgerät, aber mit dem neuartigen Merkmal, daß Sender und Empfänger nicht durch elektrische Drähte verbunden waren und für die Verschlüsselung und Übertragung des Schalls einzig Licht verwendet wurde. Wenn jemand in das Sendermikrofon sprach, versetzte der Schall einen aufgeblasenen Ballon in Schwingungen, auf dem ein Stück versilbertes Glas angebracht war. Das vom Sender ausgehende Licht, das von dem kleinen Spiegel reflektiert wurde, vermittelte durch seine Intensitätsschwankungen Information über die ursprünglichen Schallschwingungen. Beim Empfänger wurde diese Information durch eine Photozelle und einen Verstärker wieder in Schall zurückverwandelt. Monatelang

hatten wir Eisenwaren- und Elektrozubehörgeschäfte in der ganzen Stadt heimgesucht, und wir waren mit unserem Endprodukt äußerst zufrieden. Am Tag vor der Ausscheidung ging, nachdem zahlreiche Versuche mit einem Abstand von bis zu fünfzehn Metern zwischen Sprecher und Hörer glänzend geklappt hatten, irgendetwas kaputt. Tiefbetrübt ging ich nach Hause. Zwei Tage später erhielt ich einen erstaunlichen Anruf von John. Er hatte unseren angeschlagenen Apparat spät am Abend des erwähnten Tages zu dem Wettbewerb gebracht, listigerweise aber Sender und Empfänger durch einen unter dem Tisch verlaufenden Draht miteinander verbunden. Tags darauf ließen die Preisrichter sich offenbar täuschen und erkannten uns den ersten Preis zu. John war eben ein rundherum praktisches Wesen.

Als ich über zehn Jahre später in Watertown lebte, kam ungefähr alle vier Monate ein Klavierstimmer namens Phil vorbei, um unser Klavier auf Vordermann zu bringen. Phil war, wie ich nach und nach herausbekam, genauso ein spekulativer Kopf wie ich, aber frei von der lästigen Pflicht, seine verrückten Gedankenflüge in wissenschaftliche Respektabilität zu kleiden. Er steckte voller Ideen über die Anfänge des Universums, über das, was möglicherweise vorher gewesen war, und andere kosmologische Themen. Wenn er sich, zwischen Wissenschaft und Philosophie hin und her tanzend, in seinen phantastischen Monologen erging, konnte man nie sagen, welche seiner Ideen er sich irgendwo angelesen hatte und welche er spontan aus sich selbst schöpfte. Nach seinem zweiten oder dritten Besuch kam Phil irgendwie dahinter, daß ich Physiker war, was unsere Beziehung festigte und dazu führte, daß das Stimmen sich von einer auf zwei Stunden verlängerte. Nachdem er meine Wohnung betreten hatte, ließ Phil etwa eine Viertelstunde lang die Tasten erklingen, gleichsam probenhalber, löste dann seine massige Gestalt vom Klavierschemel und begann, seine neuesten Theorien auszuspucken. Am besten gefiel mir eine, in der das Sonnensystem im Grunde ein einziges großes Atom war, jedenfalls in der Wahrnehmung von riesigen, nicht näher beschriebenen Wesen, während weiter draußen im All die Galaxien ein galaktisches Sonnensystem bildeten und noch weiter draußen eine Reihe von verschiedenen Universen umeinander kreisten. Wenn Phil seine Hierarchie kreisender Welten schilderte, nahm seine Lautstärke entsprechend zu, seine Gebärden wuchsen sich aus zu weiten Kreisbögen, die nur knapp am Kronleuchter vorbeigingen, und wir beide wurden unwiderstehlich emporgehoben hinaus ins weite All, während meine Wohnung in Watertown mitsamt dem Viertel zu einem verschwindenden Stäubchen im Kosmos wurde. Solche Phantasien konnten eine geschlagene halbe Stunde in Anspruch nehmen. Phil hatte Kondition. Bisweilen kam ich in den Pausen, wenn er Atem schöpfte, zur Besinnung und versuchte, unter Rückgriff auf meine beruflichen Hilfsquellen etwas Wissenschaft in die Diskussion zu bringen. Dann trat ein flüchtiger Ausdruck von Ärger auf Phils Gesicht, doch er wischte diese unwillkommene Äußerung von Bockigkeit meinerseits zur Seite und fuhr fort in seinem Höhenflug. Hin und wieder war Phil, soweit ich es beurteilen konnte, mit den Tatsachen in Einklang, und wenn ich dann zustimmend nickte, zeigte er ein

strahlendes Lächeln. Bei einer derartigen Gelegenheit schilderte er nüchtern, wie der Raum durch die fortlaufende Entstehung und Vernichtung mikroskopischer Schwarzer Löcher verzerrt und durchlöchert wird, so daß auf den allerkleinsten Ebenen der Realität ein schaumiges Gebilde entsteht. An diesem Tag brauchten wir fast drei Stunden, bis das Klavier gestimmt war, und ich kam zu spät in die Universität.

Bei Phils letztem Besuch, der kurz vor meinem Umzug stattfand, mußte ich mich, nachdem ich ihn eingelassen hatte, gleich in mein Arbeitszimmer zurückziehen, weil ich mit meiner Forschungsaufgabe im Rückstand war und noch am selben Tag einen Sachstandsbericht zu geben hatte. Phil nahm das ziemlich mürrisch auf und hämmerte eine Zeitlang mit unnötigem Kraftaufwand auf den Tasten herum. Tatsächlich schaffte er seine Arbeit ohne die intellektuellen Ausflüge in knapp sechzig Minuten. Ich saß nebenan an meinem Schreibtisch und arbeitete, als Phil ohne anzuklopfen hereinplatzte und angesichts des Durcheinanders von Gleichungen und Büchern sagte. »Aha, Sie machen es auf die umständliche Art.«

Etwa ein Jahr später erfuhr ich die traurige Nachricht, daß Jon Mathews, achtundvierzig, ein Professor, bei dem ich in den höheren Semestern studiert hatte, mit seiner Frau als verschollen gemeldet worden war, die beiden hatten mit einem 10-Meter-Segelboot allein den Indischen Ozean durchqueren wollen. Eine solche unordentliche Katastrophe wollte sich einfach nicht zu den übrigen Erinnerungen an Mathews fügen, der in seiner gepflegten äußeren Erscheinung (mit Bürstenhaarschnitt) ebenso sorgfältig war wie in seinen säuberlichen mathematischen Berechnungen und zumindest auf uns Studenten den Eindruck gemacht hatte, daß er nichts Unüberlegtes tut. Vielleicht war es gerade seine vorsichtige und behutsame Art, die Mathews daran hinderte, zu seinem Fach, der theoretischen Physik, etwas wirklich herausragendes beizusteuern.

Irgendetwas fehlte, eine Spur von Respektlosigkeit oder Tiefe oder kurzfristiger Abweichung von den Regeln. Einen bemerkenswerten Aufsatz über »Gravitationsstrahlung von Punktmassen auf einer Keplerschen Bahn« beginnt Mathews folgendermaßen; »Man könnte erwarten, daß Massen in beliebiger Bewegung Gravitationsenergie abstrahlen. Es wurde jedoch die Frage gestellt, ob die solchermaßen berechnete Energie irgendeine physikalische Bedeutung hat. Hier werden wir uns mit dieser Frage nicht belassen ...«, um anschließend eine lehrbuchmäßige Berechnung des vermuteten Effekts zu liefern. Jon war wirklich ein vorzüglicher Lehrer und Mitverfasser des vielgenutzten Lehrbuchs *Mathematical Methods of Physics*. An der Tafel war er in seinem Element, wenn er die physikalische Welt sich in zierlich geschriebenen, meterlangen Gleichungen niederschlagen ließ und jeden Begriff der Mechanik oder des Elektromagnetismus so einleuchtend und exakt erläuterte, daß man fast den Eindruck hatte, als würde eine Gleichung an der Tafel in der gleichen Weise hin und herzucken wie das Pendel oder die Feder, die sie beschrieb. Jon war ein so guter Lehrer, daß einige von uns als Gasthörer in seine Kurse gingen, ohne dafür einen Schein zu bekommen, und sich dazu die Zeit von unseren ambitionierten

Kursen für Fortgeschrittene abzwackten, nur um zu erleben, wie ein schon vertrauter Gegenstand mit Eleganz und Präzision diskutiert wurde. Dank unserer gemeinsamen Vorliebe fürs Segeln freundete ich mich mit Jon an. Schon damals, Jahre vor seiner verhängnisvollen Reise, träumte er davon, sprach er davon, eines Tages die Welt zu umsegeln, und er heuerte eifrige Studenten als Besatzungsmitglieder zu Wochenendausflügen auf seinem Boot an.

Eine Vergnügungsfahrt, an die ich mich erinnere, ging zur Insel Catalina, rund dreißig Meilen vor der Küste von Long Beach, Kalifornien, gelegen. Jons Frau Jean war nicht dabei, aber eines seiner Kinder. Als wir hinausfuhren, hatten wir einen steifen, böigen Wind. Jon machte sich mit erstaunlicher Behendigkeit auf dem Boot zu schaffen, kurbelte an Winschen, reffte das Großsegel, stellte die Seilrollen nach und hatte überhaupt alles im Griff, vollkommen gelassen, so als löse er ein einfaches Grenzwertproblem an der Tafel. Sein Boot war tadellos in Schuß, das Messing schimmerte, die Leinen lagen, wenn sie nicht gebraucht wurden, in säuberlich gelegten Ringen, und alles war da, wo es hingehörte –was man auf Segelbooten nicht oft antrifft. Als wir abends mit dem sanft schwankenden Boot vor der Insel vor Anker lagen und es uns in der höhlenartigen Kabine so richtig gemütlich machten, packte Jon sein neuestes Spielzeug aus, um es mir zu zeigen, einen Sextanten, und wie immer, wenn er etwas Neues erklärte, sprach er mit hoher Stimme. Über Physik haben wir an Bord nie geredet. Warum, weiß ich nicht, wir taten es einfach nicht. Der Physiker Freeman Dyson sprach davon, daß ein Großteil der wissenschaftlichen Forschung etwas Handwerkliches habe, bei dem »viele von uns [Wissenschaftlern] ihr Leben gern mit gemeinschaftlichen Anstrengungen verbringen und wo es mehr darauf ankommt, verlässlich zu sein, als darauf, originell zu sein«. Für Jon reichte diese Art von Wissenschaft, selbst wenn sie gut gemacht wurde, nicht. Er betrieb ein Hobby nach dem anderen, um sich zu vervollkommen, und so erlernte er überraschend auch orientalische Sprachen, was eines Tages ans Licht kam, als er in seinem wohlgeordneten Arbeitszimmer einen in Sanskrit verfaßten Band aus dem Bücherregal nahm und mir daraus vorzulesen begann. Das alles war Anfang der siebziger Jahre. Nach und nach erwarb Mathews auf zahlreichen Übungsfahrten die nötige Erfahrung sowie die seemännischen und geographischen Kenntnisse, um seinen Traum von der Weltumsegelung zu verwirklichen. Während seines Sabbatjahres 1979-1980 segelte er im Frühsommer von Los Angeles los, Richtung Westen. Im Dezember 1979, als der letzte Funkkontakt mit ihm verzeichnet wurde, war er mehrere hundert Meilen von Mauritius entfernt. In Südafrika wartete ein Freund auf ihn, vergeblich. Offenbar sind Mathews und seine Frau einem Zyklon im Indischen Ozean zum Opfer gefallen, dem Gegenstück der Hurrikane in der Karibik und der Taifune im Chinesischen Meer. Im Indischen Ozean treten diese Stürme verstärkt ab Dezember auf, und Mathews hatte seinen Trip so geplant, daß er die Überquerung dann längst hinter sich hatte. Den Berichten zufolge, die ich gelesen habe, war er jedoch schon gegenüber seinem Plan im Rückstand, bevor er Australien erreichte, aber statt umzukehren oder für sechs Monate vor Anker

zu gehen, bis die stürmische Jahreszeit vorüber war, beschloß er, die Überquerung zu wagen. Ich habe versucht, mir zu vergegenwärtigen, was in Jon vorgegangen sein muß, während er in Australien über Seekarten und Fahrplänen und Wetterberichten brütete und dann beschloß, das größte Risiko seines Lebens einzugehen. Ich stelle mir ihn vor, als der Sturm losbrach und er sich plötzlich hilflos von einem unermesslichen, tobenden Meer umgeben sah, an das er nie gedacht hatte, einem Raum ohne Wände oder Decke oder Lösung. Jons glänzende Vorlesungen vor den Studenten, sein in schönen Schriftzügen niedergelegtes Sanskrit, unsere Kameradschaft in der sicheren Welt der säuberlich gestapelten Zeitschritten und Gleichungen verblassen neben diesem letzten Bild, dieser letzten Suche nach Vollendung.

JAHRESZEITEN

Im Herbst 1969 standen 500000 amerikanische Soldaten in Vietnam. Der Tod von Ho Tsch Minh schuf nur eine kurze Unterbrechung des Krieges, der seit fünfzehn Jahren im Gange war. Und ich wurde, am Beginn meines letzten Studienjahres stehend, mit der ersten wirklichen Belastungsprobe meines bis dahin sorglosen und privilegierten Lebens konfrontiert. Ich geriet in die nationale Auslosung für die Einberufung zum Wehrdienst. Zum ersten Mal seit 1942 wurden die einzuziehenden Wehrpflichtigen in den Vereinigten Staaten per Los bestimmt. Der Zweite Weltkrieg war natürlich ein »populärer« Krieg gewesen. Mein Vater hatte ständig befürchtet, an den Stränden Italiens oder Siziliens zu sterben, aber als er volljährig wurde, meldete er sich ohne Zögern freiwillig zur Armee, genau wie alle seine Freunde. Meine Freunde taten dagegen alles Menschenmögliche, um sich dem Wehrdienst zu entziehen. Meistens mit Erfolg. Viele erhielten ihre Zurückstellung allein schon deshalb, weil sie auf der Universität waren. Louis, ein stiller Kerl mit einer grüblerischen Intelligenz, hatte sich zur Musterung als Cherokee-Indianer herausgeputzt, einschließlich Kriegsbemalung und Federn, und war aus psychiatrischen Gründen vom Wehrdienst befreit worden. Andere gingen nach Kanada und ließen sich von zu Hause Geld schicken. Doch für das neue Losverfahren schienen Klasse und Herkunft keine Rolle mehr zu spielen - alle hatten die gleichen Chancen. Jedem Geburtsdatum sollte durch Würfeln eine Nummer zugewiesen werden. Die örtlichen Einberufungsbehörden würden mit der Nummer 1 beginnen und dann mit den höheren Nummern weitermachen.

Die Ziehung erfolgte am 1. Dezember um acht Uhr abends Eastern Standard Time. Erst am Tag zuvor, einem Sonntag, war ich aus dem Urlaub anlässlich des Thanksgiving Day zurückgekehrt, an dem es ein großartiges Essen mit meinen Eltern und Brüdern und Cousins gegeben hatte. Nach dem Essen hatte meine Mutter, zur Fröhlichkeit entschlossen, eine Bossa-Nova-Platte aufgelegt und uns alle dazu gebracht, barfuß mit ihr im Wohnzimmer zu tanzen. Jetzt saß ich, einige Abende später, mit meinen Studienkollegen im komfortablen Wohnheim unserer Elite-Universität und lauschte gespannt dem Radio. Die Luft war von Marihuana geschwängert. Ich stellte mir Millionen anderer junger Männer vor - Schnellköche in Hamburger-Buden und Tankwarte, die sich für diesen Abend freizumachen versuchten, und andere Studenten in ihren Zimmern, die alle an ihren Radios hingen. Aus einem zylindrischen Glasbehälter wurden in einem Washingtoner Amtszimmer nach und nach dreihundertsechundsechzig Kapseln gezogen. Als erstes Geburtsdatum war der 14. September dran. Ich kannte niemanden, der an diesem Tag geboren war, aber die armen Teufel taten mir leid. Mein Geburtsdatum kam 280 Ziehungen später an die Reihe. Ich wurde dann nicht einberufen. Rund ein Viertel meiner Studienkollegen landeten in jenem Jahr oder später bei irgendeiner Art von Wehrdienst.

Seltsamerweise habe ich jenen Herbst als besonders schön in Erinnerung. In Tennessee, wo ich aufgewachsen war, war der Herbst nie eine sonderlich einladende Jahreszeit gewesen, aber hier, an der nördlichen Ostküste, war die

Luft so klar und durchsichtig, daß man glaubte, in der Ferne die Krümmung der Erde sehen zu können. Ich erinnere mich, daß ich oft ein ungewöhnliches Konzert aus dem Ahornbaum vor meinem Wohnheimfenster hörte. Hunderte von Feldammern hatten beschlossen, diesen Baum für die Jahreszeit zu ihrem vorübergehenden Standquartier zu machen. Die Feldammer ist ein spatzengroßer Vogel mit einem zierlich auslaufenden Schwanz. Er zwitschert oder piepst nicht, sondern gibt einen durchgehenden, langgezogenen Gesang von sich. Wenn Hunderte im Gleichklang singen, entsteht ein ununterbrochener Chor, der für das Gehör denselben Eindruck erweckt wie ein Wasserfall für das Auge - eine Unmenge von Tröpfchen, die sich zu einem reißenden Strom vereinen. Die Vögel blieben bis Ende Oktober, dann waren sie eines Tages auf ihrem Zug nach Süden plötzlich fort.

Die Auslosung hat mich in vielerlei Hinsicht beunruhigt. Ich hatte in einer selbstaufgelegten Blindheit gelebt, nicht bloß jener Blindheit, die sich bei gesicherten finanziellen und gesellschaftlichen Verhältnissen einstellt. Natürlich bestand die reale Möglichkeit, nach Vietnam geschickt und getötet zu werden. Aber das war für mich so unvorstellbar, daß es nie in mein Bewußtsein drang, ich hatte als arglos ungläubiger Zuschauer daneben gestanden, als meine Studienkollegen versuchten, die Eingangstür des Institute for Defense Analysis einzuschlagen. Ich hielt mich fern, wenn Feuer veranstaltet wurden. Als ein junger Dozent, der eines Abends beim Essen neben mir saß, ein brennendes Streichholz an seinen Einberufungsbescheid hielt und uns Studenten aufforderte, es ihm gleichzutun, bewunderte ich seine Kühnheit, aber ich hatte nicht die Bohne begriffen, was er da tat. Die Auslosung zwang mir eine riesige, ungeliebte Welt auf, und sie trieb mir schmerzhaft das Blut durch die Adern. Besonders quälend war das Zufällige, die Ungewißheit. Ich wollte selbst entscheiden, doch jetzt war alles ungewiß - ob ich nach der Abschlußprüfung weiterstudieren würde oder nicht, ob ich mich einer bestimmten jungen Frau annähern würde oder nicht, ob ich mein Rad nachts im Hof lassen oder es in den Keller hinuntertragen würde. Die Wissenschaft war für mich eine Quelle der Gewißheit gewesen. Als Hauptfach hatte ich Physik, und die Physik reduzierte die Welt auf ihre irreduziblen Teilchen und Kräfte. Daß die Wissenschaft ein reduktionistisches Weltbild habe, ist ein Gemeinplatz, und sogar ein Einundzwanzigjähriger wußte, daß das Leben nicht so einfach war. Aber die Wissenschaft und speziell die Physik erzeugt eine machtvolle Illusion der Einfachheit und Gewißheit. In Physiklehrbüchern wird die Geschichte des Faches mir ihren Fehlentwicklungen, Vorurteilen und menschlichen Leidenschaften kaum behandelt. Nein, hier findet man die GESETZE. Und die GESETZE verführen mit ihrer Schönheit und Exaktheit. Jeder Aktion entspricht eine gleichgroße, entgegengesetzte Reaktion. Die Gravitationskraft zwischen zwei Massen nimmt mit dem Quadrat des Abstandes zwischen ihnen ab. Selbst Heisenbergs quantenphysikalische Unschärferelation, derzufolge die Zukunft nicht aus der Vergangenheit abgeleitet werden konnte, lieferte eine bestimmte mathematische Formel zur Eindämmung der Ungewißheiten, wie ein

schalldichter Raum, den man um einen Schreienden herum errichtet. Die Physik war nicht bloß Reinheit und Schönheit, sie war Gewißheit. Und die GEWISSHEIT war wegen meines Naturells und vielleicht auch meiner Mittelschichterziehung meine Bundesgenossin. Archimedes und Euklid hatten für GEWISSHEIT gestanden. Lukrez hatte die atomistische Welttheorie ersonnen, um die Menschheit von den unberechenbaren Launen der Götter zu befreien. Als Student im letzten Studienjahr mußte ich eine eigene wissenschaftliche Arbeit anfertigen. Aus einem mir bis heute unerfindlichen Grund entschied ich mich für eine experimentelle Arbeit, also dafür, einen Apparat für ein physikalisches Experiment zu bauen. Den Beweis meiner totalen Unfähigkeit im Labor hatte ich bereits geliefert. Ein Gerät, das ich im vorletzten Studienjahr als Laborprojekt konstruiert hatte, geriet durch eine fehlerhafte Verdrahtung in Brand. Das Oszilloskop, ein Standardgerät für den Entwurf von Schaltkreisen, ein großer Metallkasten mit Knöpfen zur Regulierung von Stromstärke und Spannung, war mir ein Rätsel. In theoretischen Berechnungen war ich dagegen gut. Ich liebte es, von einer Gleichung zur nächsten überzugehen, bis ich zur Lösung gelangte, die so definitiv und unanfechtbar war wie die Fläche eines Kreises. Ich liebte die Reinlichkeit von Stiften und Papier. Warum ich nicht eine wissenschaftliche Arbeit in theoretischer Physik anfertigte, weiß ich nicht.

Vielleicht lag es daran, daß ich mir Professor Turgot als Betreuer für meine wissenschaftliche Arbeit gewählt hatte. Professor Turgot hatte etwas ungeheuer Ansprechendes für mich. Er war ein großer, bärenhafter Mann in den Vierzigern mit Glatzenansatz und hängenden Schultern, dem hinten immer die Hemdschöße herunterhingen. Er war alles andere als der zerstreute Professor. Ein Adlerblick von ihm genügte, um mich und mein ganzes Denken erstarren zu lassen. In der Vorlesung sprach er eher die Tafel als die Studenten an, so als führe er ein Privatgespräch mit einem mythischen Wesen, das in der Welt lebte, die er mit Gleichungen und graphischen Darstellungen geschaffen hatte. Ich wußte, daß dieser Vortragsstil unzulänglich war, aber es kam darin doch zum Ausdruck, daß er immer noch von seinem Fach fasziniert war. Ich fragte mich, ob es mir gelingen würde, meine wissenschaftliche Leidenschaft noch zwanzig Jahre lang vor dem Versanden zu bewahren, wenn ich dann das Alter von Professor Turgot erreichen würde.

Professor T. war ein scharfsinniger Kopf, doch zugleich war er eingedenk der Grenzen seines Wissens bescheiden. Hin und wieder gestand er seine fachlichen Schnitzer ein — einen Fehler in einer Berechnung oder die falsche Positionierung eines Targets im Zyklotron. Unsere übrigen Lehrer erweckten fast ausnahmslos den Eindruck, daß sie auf einer mehr oder weniger laserartigen Trajektorie in ihre derzeitige Stellung gelangt waren. Sie besaßen ein prächtiges Selbstbewußtsein, daß ganz bestimmt viele ihrer Studenten inspirierte. Aber selbst ich, der ich so an der Gewißheit hing, empfand ein gewisses Unbehagen dabei, mit einem solchen unfehlbaren Menschen Forschung zu betreiben. Ich wußte, daß ich Fehler machte, und wenn auch der Betreuer meiner wissen-

schaftlichen Arbeit Fehler machte, konnte ich vielleicht den Abschluß erreichen, ohne meine Würde zu verlieren. Nach dem Ende des Kurses erzählte mir Professor T., massig an die Wand gelehnt und mit Kreidestaub bedeckt, hin und wieder von seiner Frau. Er nannte sie bei solchen Gelegenheiten fast von Anfang an mit ihrem Vornamen Dorothy, und so halte ich, als ich sie schließlich bei einem Abendessen in dem kleinen Haus der Turgots kennenlernte, das Gefühl, sie bereits zu kennen. Von den übrigen Professoren erwähnte keiner seine Frau. Ich bat Professor T., meine wissenschaftliche Arbeit zu betreuen. Er grinste und sagte, dann hätte ich eine experimentelle Arbeit zu machen. Das Labor, in dem ich zu arbeiten begann, war eine riesige Höhle und ähnelte am ehesten einem Lagerhaus. Es war von Tageslicht erfüllt, das durch Oberlichter in zehn Metern Höhe einfiel, wie in einem Künstleratelier. Es herrschte dort immer ein seltsamer Geruch - kein unangenehmer Geruch — von Öl und Trockeneis. Auf dem Betonfußboden standen Behälter mit flüssigem Stickstoff. Beim Öffnen gaben sie ein wunderbares zischendes Geräusch von sich, während die Flüssigkeit herausblubberte und verdampfte und in dichten opalisierenden Wolken entwich. An drei je dreißig Meter langen Wänden befanden sich Tischplatten und Werkbänke: Oszilloskope, Kästen mit Kondensatoren und Widerständen, merkwürdige Metallteile, Gummiröhren, Geigerzähler, Notizbücher mit handschriftlich in säuberlichen Zahlenkolonnen festgehaltenen radioaktiven Zerfallsraten. Immer lagen irgendwo auf einem Labortisch ein paar Romane von Proust und Gide herum. Professor T.s Frau Dorothy war Forscherin auf dem Gebiet der französischen Literatur. Sie wird, denke ich mir, hin und wieder abends das Labor auf gesucht haben, um ihrem Mann Gesellschaft zu leisten, wenn er nach Dienstscluß dort arbeitete.

In einer Ecke des Labors ragte unelegant ein Duschkopf aus der Wand, für den Fall, daß jemand zufällig mit einer radioaktiven Substanz in Kontakt gekommen war und unverzüglich ausgezogen und abgesprüht werden mußte. Mit besonderem Interesse nahm ich die Strahlungsdusche zur Kenntnis, seit ich wußte, daß ich täglich mit radioaktiven Atomen Umgang haben würde. Meine Aufgabe war, ein Gerät zu bauen, mit dem sich der radioaktive Zerfall von angeregten Zuständen des Neptuniums messen ließ. Das 1940 entdeckte Neptunium war das erste, künstlich vom Menschen erzeugte chemische Element. Da seine Ordnungszahl 93 gleich hinter der von Uran 92 kam, wurde es nach Neptun benannt, dem Planeten, der gleich hinter Uranus kommt. (Plutonium mit der Ordnungszahl 94 wurde nach Pluto benannt.) Die Idee für meine wissenschaftliche Arbeit, die sich in Diskussionen mit Professor T. herauschälte, bestand darin, daß das angeregte Neptunium durch Beschuß eines Urantargets im Zyklotron erzeugt werden würde. Die durch meinen Apparat fliegenden Zerfallsprodukte der Neptuniumkerne würden ein Gas zum Szintillieren bringen, und diese Szintillationsblitze sollten von mehreren Photoelektronenvervielfachern festgestellt werden. Durch sorgfältige Messung der Rate, mit der Neptuniumkerne zerfielen, würden wir etwas über die Kräfte herausbringen können, die innerhalb des Atoms heftig miteinander rangen.

Während ich mich damit abmühte, die Spezifikationen verschiedener Teile zu errechnen, die in der Maschinen-Werkstatt anzufertigen waren, und dann, wenn die Teile nicht paßten, nachzuberechnen, stand mir Dave, Professor T.s Assistent, zur Seite. Dave war unersetzlich. Er hielt die Studenten für »verdammte Kommunisten«, und er verabscheute die bärtigen Protestmärsche, aber er war Professor T. und seinen Studenten ergeben, und er war der einzige, der die Vakuumpumpe dazu bringen konnte, sich gut zu benehmen. Wenn sie richtig funktioniert, beginnt eine Vakuumpumpe mit einem rauhen, knirschen- den Geräusch, wie das Tuckern einer Lokomotive, geht dann allmählich zu einem klickenden Winseln über, dessen Tonhöhe steigt und in ein leises, gleichmäßiges Summen mündet, wenn ein gutes Vakuum erreicht ist. Wenn das System ein Leck hat, kommt die Pumpe über das grobe, knirschende Tuckern nicht hinaus. Verschiedentlich mußte ich aus meinem Gewirr von Metallarma- turen und Mylargettern die gesamte Luft herauspumpen, bis auf eine Milliardstel Atmosphäre. Nachdem wir alle verdächtigen Verbindungsstellen mit Epoxy- und Alkydharz abgedichtet hatten, schalteten wir die Vakuumpumpe ein. Dave verstand diese Pumpe, so wie er die meisten Dinge im Labor verstand. Sein Verständnis ging sogar noch darüber hinaus. Ich glaube, er hatte eine romantische Beziehung zu der Frau, die das Labor mit Kleinbedarf versorgte. Nach ihrer allwöchentlichen Lieferung stand sie draußen vorm Fenster und schaute traurig und sehnsüchtig zu ihm hinein. In jenem Winter waren Dave und ich oft die einzigen im Labor, während ich mir den Kopf über Reaktionskurven der Photoelektronenvervielfacher zerbrach, reparierte er unverdrossen ein Teil, das kaputtgegangen war. Gelegentlich mußte ich meine Arbeit unterbrechen, um mich an einem elektrischen Heizgerät aufzuwärmen. Draußen hüllte der Schnee alles in eine gewaltige, weiße Stille. Dann vernahm ich ein fernes, aber an Lautstärke zunehmendes Quietschen und Knirschen - das Geräusch riefen Professor Turgots Galoschen im Schnee hervor, wenn er von seinem Arbeitszimmer zum Labor herüberkam, um nach seinen Schützlingen zu sehen. Mein Apparat bestand alle vorausgehenden Tests, aber ich glaubte nicht wirklich daran, daß das Experiment schließlich klappen würde, und ich denke, auch Professor Turgot glaubte es nicht. Als es so weit war, den Apparat an das in einem anderen Gebäude befindliche Zyklotron anzuschließen, erhielt ich eine rätselhafte Nachricht, derzufolge eine Inanspruchnahme des Zyklotrons für mein Experiment erst einige Monate nach meiner Abschlußprüfung möglich sei. »Über die Resultate werde ich Sie schriftlich informieren«, sagte Professor T. freundlich und gab mir sehr gute Noten für meine endlosen Zeichnungen von Seitenansichten und Draufsichten und Berechnungen von räumlichen Winkeln und Wirkungsgraden. Professor Turgot hat nie geschrieben, und ich habe nie gefragt.

An einem Frühlingsnachmittag, kurz nachdem Präsident Nixon das Eindringen amerikanischer Truppen nach Kambodscha angeordnet hatte, hielt der Physik- Fachbereich eine außerordentliche Versammlung ab. Sämtliche Lehrkräfte und Studenten drängten sich in einem kleinen Raum, um darüber zu diskutieren, wie

unser Fachbereich auf die Studentenunruhen auf dem Campus reagieren sollte. Während von einer vorangegangenen Unterrichtsstunde noch säuberlich angeschriebene Gleichungen an der Tafel prangten, standen die Mitglieder des Lehrkörpers einer nach dem anderen auf und äußerten ihre Meinung über den Krieg. Die meisten waren entschieden dagegen, aber nicht alle. Es gab kurze, leidenschaftliche Reden über das Wesen der Demokratie, die Rechte von Regierungen, den Zweck der Bildung, die moralische Verantwortung. Es fiel mir schwer, in den Rednern unsere sonst so maßvollen Professoren wiederzuerkennen. Es wurde stickig in dem kleinen Raum. Ich brauchte frische Luft. Die Diskussion wandte sich einer praktischen Frage zu. Was sollte der Fachbereich mit Studenten machen, die ihre Kurse schwänzten? Am Ende beschloß der Lehrkörper, die Schlussemester von ihren Abschlußprüfungen und in einigen Hallen von ihren Abschlußarbeiten zu befreien. Ich wankte aus dem Raum. In meinem benommenen und verwirrten Zustand schien es mir, als habe die Willkür gesiegt. Die Welt war ein Chaos aus verfehlten Abenteuern, sich kreuzenden Drähten und Spiegeln mit ausgefallenen Winkeln. Gewißheit war eine Selbsttäuschung. Und für mich gab es in jenem Abschnitt meines Lebens nur entweder Gewißheit oder Willkür, dazwischen gab es nichts.

Ich besuchte Andrew, mit dem ich als Studienanfänger das Zimmer geteilt hatte und der ein stiller Kerl war wie ich selbst. Wir liefen zu dem eine Meile entfernten See und gingen segeln. Es war Anfang Mai. Der Wind war so schwach, daß wir schließlich die Segel strichen und uns einfach treiben ließen, halb benommen von der heißen schwülen Luft. Wir zogen uns die Hemden aus. Bald kamen wir in Ufernähe und trieben unter den Weiden entlang, deren Zweige ins Boot hingen und uns mit ihren weichen filigranen Blättern im Gesicht kitzelten. Schließlich verfang sich ein großer Zweig im Mast und brachte uns gänzlich zum Stillstand, und wir lagen einfach da und genossen den Schatten. Ich erhob mich aus der Bauchlage und sah, daß unser Boot von Lilien umgeben war, die dicht unter dem Ufer wuchsen. Einige waren schon aufgeblüht und zeigten üppige weiße Blüten mit einem roten Fleck in der Mitte. Dort lagen wir stundenlang.

Während wir dort lagen, passierte ringsum allerlei. Ohne erkennbaren Grund landete ein Vogel auf einem Baum in der Nähe und begann zu singen, um schließlich ebenso unerwartet wieder fortzufliegen. Zweige knackten. Die Wolken änderten ihre Gestalt. Das Gras raschelte unter den Tritten von Tieren, die wir nicht sahen. Die Erde schwankte unmerklich um ihre Achse, während Teile von kosmischen Trümmern sie blindlings aus dem All bombardierten. Vor Milliarden Jahren hatte ein solcher Trümmer sie mit ungewöhnlicher Wucht getroffen und in eine Schiefelage gebracht, eine Neigung von dreiundzwanzig Grad, die im Laufe der jährlichen Umkreisung der Sonne für eine ungleichmäßige Erwärmung sorgte und so die Jahreszeiten hervorrief. Ein zerknülltes Stück Papier, das sich an einem Stock verfangen hatte, trieb langsam im Wasser vorüber. Die Schrift darauf hatte sich verwischt und war unentzifferbar, vielleicht war es ein Zeitplan mit Terminen, vielleicht ein Brief an eine Geliebte.