

Verantwortung in der Wissenschaft

Eine Ringvorlesung
an der Technischen Hochschule Darmstadt
im Wintersemester 1986/87

Herausgegeben von
Helmut Böhme und Hans-Jochen Gamm

Darmstadt 1988

Band 43 der THD-Schriftenreihe Wissenschaft und Technik
Herausgegeben vom
Präsidenten der Technischen Hochschule Darmstadt
Copyright by Technische Hochschule Darmstadt, 1988
Druck: Lehrdruckerei der TH Darmstadt
ISBN 3-88607-066-2

I n h a l t

Hans-Jochen Gamm <i>Vorüberlegungen zum Begriff der Verantwortung in der Wissenschaft</i>	7
Helmut Böhme <i>Was heißt "Verantwortung" in der Geschichtswissenschaft?</i>	13
Helmut Dahmer <i>Was heißt "Verantwortung" in der Soziologie?</i>	67
Egbert Kankeleit <i>Was heißt Verantwortung in der Physik?</i>	85
Hans Günter Gassen <i>Grundlagen und Zukunft der Gentechnik aus wissenschaftlicher Sicht</i>	97
Max Bächer <i>Was heißt Verantwortung in der Architektur und Baukunst?</i>	115
Peter Nixdorff <i>Was heißt Verantwortung in der Politikwissenschaft?</i>	139
Rudolf Wille <i>Allgemeine Wissenschaft als Wissenschaft für die Allgemeinheit</i>	159
Hartmut Wendt <i>Was heißt Verantwortung in der Chemie?</i>	177
Uwe H. Schneider <i>Zur Verantwortung der Rechtswissenschaft</i>	199
Georg Lausen <i>Was heißt Verantwortung in der Informatik?</i>	237
Wolfgang Bender <i>Verantwortung in der Theologie</i>	245

Bernhard Cramer	
<i>Was heißt Verantwortung in der Elektrotechnik?</i>	277
Gerhard Pahl	
<i>Die Verantwortung des Ingenieurs im Maschinenbau</i>	297
Hans-Ulrich Küpper	
<i>Verantwortung in der Wirtschaftswissenschaft</i>	317
Vera Rüdiger	
<i>Hessische Wissenschaftspolitik: Stärkung der Wissenschaft</i>	349

Was heißt Verantwortung in der Physik

Egbert Kankleit
Institut für Kernphysik
Technische Hochschule Darmstadt

Verantwortung meinen Hörern gegenüber

Dieses Thema zwingt mich zugleich die Frage zu stellen: Kann ich es denn überhaupt verantworten, Ihnen meine Ansichten zum Thema Verantwortung vorzutragen? Ansichten, die ja nicht auf Fachwissen beruhen, eher auf einer in Nebentätigkeit erworbenen Bierischmeinung ohne akademisches Fundament, ohne Zuständigkeit für diese Fragestellungen, ohne angemessene Belesenheit, etc. etc.. Unverantwortlich also, akademische Gepflogenheiten so sträflich zu verletzen?

In der Physik ist es durchaus vertretbar, Resultate eines Experimentes auch dann zu veröffentlichen, wenn die erwünschte Genauigkeit der Resultate und die Deutung eines Phänomens noch nicht abschließend erreicht wurden, aber die üblichen Kriterien wie Originalität, Sorgfalt etc. erfüllt wurden. Allerdings ist es unverzichtbar, und hier ist sicher ein gravierender Unterschied zu den Geisteswissenschaften- die grundsätzlich unvermeidbaren Unsicherheiten der Aussagen zu nennen, wie z.B. die "Fehlerbalken" der Meßresultate anzugeben.

Was nun diesen Vortrag betrifft, so kann ich Sie in diesem Sinne nur bitten, mit all dem was ich zu sagen habe in Gedanken einen kräftigen Fehlerbalken zu verbinden und was die Originalität betrifft, so kann ich hierfür keine Garantie übernehmen.

Physiker sprechen über derartige Themen nicht, so meine erste Reaktion auf die drängende Einladung des verehrten Kollegen Gamm, aus der Physik einen Beitrag zu diesem Kolloquium beizusteuern. Aber, so mein zweiter Gedanke, müssen wir nicht diese offensichtlichen Abwehrmechanismen gegen das Stellungbeziehen in Fragen der Verantwortung oder überhaupt zur Position in unserer Gesellschaft versuchen zu überwinden. Ist dieses nicht bereits das Resultat eines in der sozialen beruflichen Umwelt unbewußt aufoktruierten Verhaltens, das uns Grundlagenwissenschaftler zu dem "Geschlecht erfinderischer Zwerge" degradiert. Sind wir nicht geradezu aufgefordert, in Umkehrung des Brecht'schen Galilei der Wissenschaft Gehör im Herrschaftsgebäude zu verschaffen?

Ich spreche also hier zu dem Thema Verantwortung nicht als Experte sondern eher als "Professor" im Sinne des Bekennenden, der sich mit vielen anderen Sorgen um die Zukunft seiner Familie und seiner Mitmenschen macht, der sich selber eingespannt sieht in ein soziales Netzwerk, in dem er unweigerlich mitschuldig ist an einer bedrohlichen Entwicklung, und der sich der Hoffnung hingibt, an dieser Hochschule etwas sinnvolles zu einer Tendenzbesserung beitragen zu können, sei es auch nur ein Tropfen auf den heißen Stein, sei es auch nur eine Utopie. Verantwortliches Handeln setzt, so meine ich, gerade da an, wo es über das Nützlichkeitsprinzip hinaus geht. Hiervon soll die Rede sein.

Zwei Dimensionen der Verantwortung

In einem philosophischen Wörterbuch finde ich unter "Verantwortung": "Das Auf sich nehmen des eigenen Tuns, zu dem der Mensch als sittliche Person sich innerlich genötigt fühlt, da er sie sich selbst, seinem eigenen freien Willensentschluß zurechnen muß." und "Rechtlich äußert sich die Verantwortung für eine unrechtmäßige Tat in der Verpflichtung zum Schadenersatz und, wenn es sich um ein Verbrechen handelt, in der Verurteilung der entsprechenden Strafe. Kinder, Geistesranke und andere Personen, die im Augenblick der Tat unfähig sind, das Unerlaubte der Tat einzusehen oder nach dieser Einsicht zu handeln, sind straf- und zivilrechtlich nicht verantwortlich."¹

Angesprochen werden mit diesen Definitionen vergangene Handlungen, die, soweit sie bewußt erkannt oder entdeckt, zu einer Nötigung aufgrund eigener innerer moralischer Maßstäbe oder Rechtsvorschriften führen. In beiden Betrachtungsweisen wird hier nur die *vergangene* Handlung in Betracht gezogen und auch nur die Person selbst ohne Bezug auf ihre soziale Umgebung.

Eine neue Komponente der Verantwortung sehen wir in der Kant'schen *Maxime* oder in einer noch weitergehenden Form, wie sie Jonas formuliert: "Gefährde nicht die Bedingungen für den indefiniten Fortbestand der Menschheit auf Erden".²

Verantwortung für derart globale Konsequenzen wie den Erhalt der Menschheit kann natürlich der Einzelne nicht allein tragen. Aber, eingebunden in die Gemeinschaft seiner Mitmenschen ist er mitverantwortlich für ihren Fortbestand und damit für den Frieden und für die zu schaffenden Bedingungen unserer Umwelt auf diesem Planeten.

Sicher wäre hierzu unendlich viel aus der Literatur zu zitieren, wäre auf die vielseitigen Ursachen unseres ethischen Verhaltens und des Wirkungsbereiches ethischer Gebote einzugehen. Stattdessen erlauben Sie mir, in Gedanken ein Bild zu skizzieren (für den Physiker ein unersetzliches Hilfsmittel), das ich zum Ausgangspunkt meiner Überlegungen machen möchte:

In diesem Bild stellt die Horizontale die Zeitachse dar. Im Mittelpunkt haben wir die Gegenwart, links die Vergangenheit, rechts die Zukunft. Sie möge in der fernsten Vergangenheit beginnen bei den ersten Menschen, sei es nach der Bibel Adam und Eva oder des *homo sapiens* nach neuestem Stand der Evolutionstheorie. Die Senkrechte stellt ein Maß für den sozialen Abstand zu dem Träger der Verantwortung dar: Im Ursprung des Koordinatenkreuzes befindet sich also das verantwortliche Individuum, das zunächst für sich selbst Verantwortung zu tragen hat. Darüber die Bereiche, für die es sich verantwortlich fühlt, also nicht nur für sich persönlich, sondern eventuell auch für seine nahen oder ferneren Verwandten, für seine Familie, für seine berufliche Umwelt, für seine Stadt, für seinen Wahlkreis, seine Nation, seine Religion, für die Nationen seines politischen Systems und schließlich für seine Welt.

Die Forderung von Jonas ist in die Zukunft gerichtet und betrifft die gesamte

¹J. Hoffmeister, "Wörterbuch der philosophischen Begriffe", Felix Meiner, 1955

²Hans Jonas "Das Prinzip Hoffnung"

lebende und tote Umwelt, für die verantwortlich Sorge zu tragen ist. Die Schuld, die wir uns bei Versäumnissen in dieser Sorgfaltspflicht aufladen, resultiert aber aus einer Betrachtung der Vergangenheit. Nur wenn wir hier den persönlichen Bereich verlassen, wenn wir das Kollektiv der Menschheit in seiner historischen Entwicklung und seiner Auswirkung auf seine Umwelt vor Augen haben, ist die Forderung von Jonas zu verstehen. Ähnlich mag im religiösen Bereich die Erbsünde zu verstehen sein oder im politischen Bereich die Kollektivschuld aus der Nazi-vergangenheit, die uns politische Gebote für unsere Nation auferlegt. Einordnen kann man auch diejenigen, die die "Gnade der späten Geburt" für sich in Anspruch nehmen und die aus dieser Einstellung resultierenden Verhaltensweisen für die Zukunft.

In dieses Bild lassen sich die Verantwortungsbereiche der sozialen Gruppen und Personen einordnen: Die Parteien mit ihrem Blick mehr oder weniger auf Wahlperioden fixiert und ähnlich oder analog, den Adelshäusern, den Gewerkschaften, den Unternehmen, bis hin zu den Einzelpersonen, vom Jugendlichen bis zum Rentner, als Grüner, Soldat oder General, als Student oder Professor, als extremer Narzist, als Verbrecher, Terrorist oder Einsiedler. Jeder entwickelt für sich seine Ethik und steckt damit seinen Verantwortungsbereich im obigen Bild ab. Die Frage des sozialen Konsenses und des Rechtes liegt auf einer anderen Ebene.

Die Ausfüllung der zweidimensionalen Ebene wäre für jede Person durch eine Umfrage denkbar, in der in einer Art Beichte nach seinem Schuldgefühl in Bezug auf sein näheres und ferneres soziales Umfeld gefragt würde und welche Konsequenzen er daraus für die entsprechenden Bereiche für die Zukunft zieht. Sicher wären keine scharf konturierten Abgrenzungen möglich, aber doch eine Art Kontourdarstellung in der seine Wichtung für sein verantwortliches Handeln zum Ausdruck gebracht würde.

Für jeden Berufszweig wären charakteristische Darstellungen zu erwarten, die in verkoppelter Weise mit seinem Kenntnisstand, seinem Verantwortungsbereich z.B. in seiner Firma und mit seinen Möglichkeiten verantwortlichen Handelns in weiteren sozialen Bezügen zu tun haben. Einem Arbeiter sind hier ganz andere Grenzen gesetzt als dem Unternehmer, dem Studenten andere als dem Professor, dem einfachen Mann von der Straße andere als dem Nobelpreisträger etc..

Wir beobachten in unserem Bild offenbar Korrelationen zwischen den Verantwortungsbereichen in Zeit und sozialer Entfernung mit sozialen Gruppen, seien es berufliche, religiöse oder tradierte Bindungen, die das Spezifikum ausmachen. Gehen wir von der Hypothese homogenen genetischen Erbgutes aus, so muß unser verantwortliches Handeln von den Einflüssen unserer sozialen Umwelt entscheidend geprägt sein. Wie wäre das Phänomen der NS-Zeit anders zu verstehen, wo selbst KZ-Ärzte verantwortlich für das dritte Reich zu handeln glaubten. Haben nicht die Kirchen für welche Seite auch immer mit Akribie für die Ethik gesorgt, im deren Rahmen die grausamsten Kriege verantwortbar wurden, in deren Namen gerade hier in Hessen ganze Dörfer durch Hexenverbrennung und Inquisition auf bestialische Weise vernichtet wurden?

Und selbst im alten Griechenland konnte in narzistischer Selbstgefälligkeit

Alkibiades dem Staat so ungeheuren Schaden zufügen, ohne daß ihm nach damaligem Verständnis kaum Verantwortungslosigkeit vorgeworfen werden konnte. Oder die vielen Mahnrufe gerade aus den Reihen der Grünen und gleichzeitig ihre Selbsterstörung im Namen verantwortlicher Realpolitik oder Utopie. Die unzähligen Mahnrufe von allen Seiten erreichen ein Ausmaß, von dem ich befürchte, daß sie ihren Zielen zuwiderlaufen.

Verantwortung, Moral und Ethik, so scheint mir, stehen auf schwankendem Boden. Ein fester Halt durch Religion oder Philosophie wird zwar immer wieder usurpiert, aber dann in historischer Rückblende jeweils in Frage gestellt. Was bleibt uns dann zu tun? Ich kenne natürlich keine Patentlösung aus diesem Dilemma, wie sollte ich auch nach Jahrtausenden vergeblicher Bemühungen die ideale Regierungsform zu finden. Aber mit der Demokratie wurde ein gewisser Garant der Stabilität unter relativ grosser wirtschaftlicher und persönlicher Freiheit geschaffen. Aus physikalischer Sicht ein System, das durch die große Zahl der Freiheitsgrade einem relativ stabilem Minimum, d.h. Qualitätsoptimum, in einem multidimensionalen offenen System entspricht. Für unser ethisches Verhalten, global gesehen, sehe ich auch keine andere Alternative als die einer pluralistischen Mannigfaltigkeit. Das allerdings setzt voraus, daß Handlungsmotivation und Zielsetzung aller Gruppen unserer Gesellschaft für alle erkennbar, also transparent sind. Motivation zu vor allem politischem und wirtschaftlichem Handeln muß deutlich aus dem Aspekt kurz- oder längerfristiger Folgen und der Verantwortlichkeit ihrer Akteure erkannt werden. Im Bereich der Ökologie ist das nichts Neues mehr. Jede Gemeinde wehrt sich heute gegen nahe gelegene Kernkraftwerke oder Mülldeponien. Die Diskussion um Zusammenhänge in Dimensionen, die Aspekte der dritten Welt oder die globale Rüstung z.B., hat kaum begonnen.

Was sich in dieser Hinsicht an den Hochschulen tut, ist ein guter Gradmesser und das ist herzlich wenig. Und das betrifft auch mein Anliegen in diesem Vortrag: Was können wir tun? Aber zunächst zur Frage: Hat hierzu der Physiker etwas Spezielles zu sagen?

Zweidimensionale Verantwortung des Physikers

Wie jeder Bürger so wird natürlich auch jeder Physiker seinen Verantwortungsbereich in dem oben skizzierten Schema bestimmen. So mag er z.B. in der Industrie wie ein Soldat seinen Pflichtenbereich mit seinem Verantwortungsbereich identifizieren. Er sieht die Zuständigkeit für Verantwortungsfragen bei seinen Vorgesetzten, ebenso wie der Wähler dies mit seinem Stimmzettel für seinen Kandidaten tun kann. Er wird die vielleicht selbst auferlegte Begrenzung seiner Zuständigkeit als Tugend verstehen, sei es nur aus Bequemlichkeit.

Dem Soldaten wird diese Einschränkung eingedrillt und dann als soldatische Tugend dargestellt (so zumindest nach meinen jugendlichen Erfahrungen im Krieg. Heute mag das anders sein). In der Hochschule wird ähnlich von manchem Professor Beschränkung des Verantwortungsbereiches bei den Studenten zum Nutzen der Leistung gefordert und vielen Studenten scheint dies auch durchaus recht zu sein. Fachübergreifende Lehrveranstaltungen z.B., die gesellschaftli-

che Bezüge und Verantwortlichkeiten eines Berufszweiges tangieren, werden daher ungern gesehen.

Bei den den Grundlagen zugewandten Naturwissenschaften ist der Abstand zur Anwendung, Technik und Bedeutung ihrer Wissenschaft für die Gesellschaft meist sehr groß. Für die Techniker, Mediziner und natürlich die Gesellschaftswissenschaftler sieht das schon anders aus. Naturwissenschaftlern gelingt die Abkapselung im Elfenbeinturm besonders gut und diese, da bequem, wird gelegentlich zur berufsständischen Verhaltensnorm deklariert. Physiker im Feuer der Kritik. Als schwarze Schafe der Gesellschaft werden ihnen Hiroshima und Tschernobyl vorgeworfen. Nur verständlich, daß der Grundlagenforscher sich in seinem Spezialfach einzuigeln versucht und gemeinsam mit seinen Leidensgenossen gelingt ihm das ja auch und das betrifft durchaus die Majorität.

Aber es gibt auch die Minorität von Physikern, stellvertretend seien Einstein, Sacharov und C.F. v. Weizsäcker genannt, die sich nach Hiroshima in der Öffentlichkeit zu Wort gemeldet haben und deren Meinung auch gefragt war und ist. Sie haben Stellung genommen zur Gefährdung der Menschheit durch die Umsetzung der Resultate aus der Grundlagenforschung vornehmlich der Kernforschung in Waffen z.B. . Sie haben gewarnt vor den Folgen eines Einsatzes von Atomwaffen, der zum "nuklearen Winter" und zum weltweiten Holocaust führen kann. Sicher haben diese Warnungen politisch nicht genügend bewirkt. Andererseits muß man bedenken, was ohne diese Stimmen geschehen wäre. Vermutlich gäbe es kein Teststoppabkommen, kein Antiballistic-Missile-Abkommen etc..³

Welchen Kenntnisstand hätten wir heute von SDI. Sicher würden noch die Fernsehbilder von einem friedlichen undurchdringbaren Schutzschild unsere Meinung beherrschen. Vielleicht wäre dann doch ein "nuklear gewinnbarer Krieg" zu führen gewesen, wenn es dann nur schnell genug geschehen wäre, bevor der

³Ein Zitat, daß in besonderer Weise das Verhältnis von US Präsidenten zu den Wissenschaftlern aber auch die Bedeutung, die der Beratungstätigkeit unter den Hochenergiephysikern beimessen werden beleuchtet. Es ist der Rede entnommen, die Jerome Wiesner, dem ehemaligen Präsidenten des MIT, anlässlich der Verabschiedung von Wolfgang Panofsky (Pief) als Direktor des Stanford Linear Accelerator Center während der SLAC Summer Institute on Particle Physics, July 1984, "The Sixth Quark" gehalten wurde:

" We got involved because President Eisenhower asked us to. I remember, and I suspect Pief does too, how while we were reporting to him on a study about defenses against a soviet surprise attack, he suddenly turned on us and said "You can't have that war! There are't enough bulldozers to scrape the bodies off the streets if you do" And after some more profane observations of the same sort, he shouted "you fellows are working on the wrong problem." He forgot that he asked us to work on it, or at least we convinced him that it was the wrong problem with our answers. He said "Why don't you help me to stop this insane race. Nobody in the government wants to help. Nobody really wants to help me. The Defense Department doesn't, the AEC [Atomic Energy Commission] doesn't, nobody does!"

Gegner sich in ähnlicher Weise hätte schützen können.

Ich glaube, daß die vielfältigen Bewegungen, wie die internationale Pugwash-Bewegung, sehr viel bewirkt haben, wenn auch ohne das öffentliche Aufsehen auf sich zu lenken, wie die Vertragsabschlüsse z.B., denen inoffizielle Gespräche von Wissenschaftlern beider Seiten zugrunde lagen. Neben der politischen Bühne gab es ständig mal mehr mal weniger die Nebenbühne der Wissenschaftler.

Es ist natürlich das andere Extrem in unserem Bild, auf das ich in diesem Vortrag eingehen möchte: Der Physiker, der mit Sorge die Umsetzung seiner Resultate aus der Grundlagenforschung in die technische Anwendung sieht, der das damit entstehende ungeheure Potential der Natur- und Menschenbeherrschung erkennt, das sich nun auch gegen ihn selbst und seine soziale Umwelt wendet. Es ist in meinen Augen kein schwarzes Schaf in der physikalischen Grundlagenforschung auszumachen, das für diese Entwicklung verantwortlich wäre, kein Fermi, kein Hahn, kein Einstein und wir sollten uns nicht auf einen so bequemen Weg einlassen. So lange der Mensch die Freiheit zum Denken hat, wird er nicht aufhören Fragen an die Natur stellen, an die Welt im Kleinen und Großen, an die Herkunft und Zukunft unseres Kosmos.

Zunehmend stellen sich aber Physiker die Frage, ob das was aus der Physik als Wissen über Gesetze und Phänome technisch umsetzbar ist, auch unbedingt umgesetzt werden muß, ob es sinnvoll ist, das Machbare wirklich noch zu machen, ob hierbei der Einsatz des Verstandes auch Gesetzen unserer Vernunft entspricht. Diese Physiker versuchen Einblicke in diese Abläufe zu gewinnen. Sie versuchen den Weg zu verfolgen, der aus ihrer Wissenschaft herausführt in die Technik und Wirtschaft und manchmal in die Politik hinein, um Ansätze für Verbesserungen zu finden. Als Beispiel seien das aktuelle CO₂-Problem oder das Plutonium-Problem genannt. Er kann mit seinen Kenntnissen der Grundlagen den Weg der technischen Umsetzung relativ leicht nachvollziehen, selbst wenn er als Industriephysiker an diesem Prozeß nicht direkt beteiligt war. Über diesen technisch-physikalischen Aspekt hinaus, denke ich, daß ihn die Physik selbst etwas lehrt, was für die Analyse der sozialen Zusammenhänge von Nutzen ist. Hierauf möchte ich noch eingehen.

Besondere Voraussetzungen des Physikers zum verantwortlichen Handeln

Was sind das für Eigenschaften, die die berufliche Tätigkeit in der Grundlagenforschung besonders entwickelt oder als Anlage für diese Tätigkeit mitgebracht werden müssen? Rationales Denken, Analysefähigkeit, Phantasie etc. sind Eigenschaften, die er mit vielen anderen Berufsgruppen teilt. Ein besonderer Punkt mag der Mut oder die Unbekümmertheit sein, mit der sich der autonome Physiker an Probleme der Grundlagenforschung heranwagt. Er hat bei finanzieller Unterstützung auch die Freiheit, ein Projekt in Angriff zu nehmen, bei dem die Relevanz der Fragestellung dem Risiko des Mißerfolgs oft entspricht: Er darf und muß in gewissem Grade pokern und wie ein guter Spieler sein Wissen erweitern,

ein Wissen, das zweifellos mehr als nur die Summe rationaler Regeln umfaßt, sondern ganz wesentlich ein gehöriges Maß an Assoziationsvermögen und was immer zur Inspiration und originärer Kreativität erforderlich sein mag.

Keinem Forschungsminister und Wissenschaftsplaner scheint es gelungen zu sein, die rationalen und irrationalen Komponenten fruchtbarer wissenschaftlicher Tätigkeit in den Griff zu bekommen. Weder die Ideen von Elite-Schulen noch der hilflose und meist reichlich naive Ruf nach den "Besten" scheinen in unserem Forschungsestablishment brauchbare Kriterien zu liefern (Dies auch im Hinblick auf die letzten Nobelpreise in der Physik, bei denen das Gewähren von "Schreibergärten" belohnt wurde). Fruchtbare Forschung erfordert das Ausloten vieler Nischen, die wie in der biologischen Entwicklung auch zu Sackgassen führen können. Wo stünden wir mit unserem Wissensstand ohne die unzähligen Fehlversuche in der Vergangenheit. Physik lebt von dem sich ständig befruchtenden Zirkel von Phänomenen, Versuch, Hypothese, neuem Phänomen und der dabei sich ständig verfeinernden Meßtechnik. Wenn es auch keine endgültigen physikalischen Gesetze geben wird, in diesem Zirkel erhalten Hypothesen unter schließlich formulierbaren Randbedingungen Gesetzescharakter: Weder Galileis Fallgesetze, noch die Kepler Gesetze gehorchen allgemein dem Newton'schen Gesetz, sondern nur unter gewissen Voraussetzungen und die Newton'schen Gesetze finden ihre Grenzen im Lichte der Relativitätstheorie.

Forschungstätigkeit kann in gewisser Weise den Menschen formen, mit Blick auf die "Deutsche Physik" wahrhaftig nicht unbedingt zum Guten. Aber meine These lautet, wenn Physiker überhaupt einen berufsspezifischen Beitrag zu globalen Verantwortungsfragen beitragen können, so vielleicht aufgrund der besonders entwickelten Analysefähigkeit und Problemfreudigkeit aber auch durch Einsichten, die die Physik selbst vermitteln kann. Ich hoffe sehr, daß es mir gelingt das Bild der Physiker als der "erfinderischen Zwerge" positiv zu ergänzen: Lernen wir Physiker auch aus der Physik selbst etwas Spezifisches, das hilfreich für verantwortliches Handeln sein kann?

Physik und Verantwortung

Die Frage nach der Verantwortung ist synonym mit der Frage nach den Bereichen, die in unserem obigen Bild der zweidimensionalen Verantwortung abgedeckt werden. Diese Bereiche sind kaum durch endogene Qualitäten des Menschen, als vielmehr durch die sozialen Kräfte im Laufe der Lebensgeschichte jedes Einzelnen bedingt. Ich habe hier eine Gummimembran vor Augen, deren Gestalt durch die peripher angreifenden Kräfte bedingt ist, aber auch durch das äußerlich nicht erkennbare Gewebe im Material der Membran. Zu begrenzt sind unsere Eingriffsmöglichkeiten, um die Parameter des verkoppelten Systems zu analysieren.

Unter diesen formgebenden Kräften, so meine ich, spielt für Physiker aber auch die Physik selbst eine wichtige Rolle. Ich glaube, daß die Quantenmechanik und in jüngster Zeit auch die Forschungen auf dem Gebiet der nichtlinearen Dynamik unter den Stichworten Synergetik, Chaos etc. im obigen Sinne formgebende Kräfte sind.

Die ungeheure Bedeutung physikalischer Forschung zu Zeiten Galileis, Newtons, Boltzmanns und ihr Einfluß auf unser abendländisches Denken in Richtung eines mechanistisch-deterministischen Weltbildes und ihr Einfluß auf die industrielle Entwicklung sind unbestritten. In einer als gigantisches Uhrwerk verstandenen Welt und einer technischen Umwelt in der wir Auto und Fernsehen etc. kausal, nach einem scheinbar rigiden Plan von Ursache und Wirkung tagtäglich erfahren, muß sich da nicht auch der Mensch selbst als Teil dieses Getriebes erleben, in dem ihm nach einmal gesetzten Anfangsbedingungen sein Leben kausal bestimmt ist, - das Leben als riesiges Billardspiel mit vielen Atomen als Kugeln einmal unter bestimmten Bedingungen angestossen. Ein so empfundenes Leben läßt wenig Freiraum zur Selbstbestimmung und die Freiheit zu verantwortlichem Handeln mag nur begrenzt gesehen werden.

Die anfangs dieses Jahrhunderts immer zahlreicher entdeckten mikrokosmischen Phänomene haben dieses Weltbild zu Fall gebracht. Licht konnte nicht einmal als Teilchen, das in einem Geigerzähler "klick" macht, und dann wieder "komplementär" als Welle interpretiert werden und uns einen Regenbogen beschert. Wie sollte die Natur im Atom Sprünge machen in einer Welt von freien oder durch Federn verbundenen Kugeln. Ein völlig andersartiger Zugang, ein neues Denken war erforderlich, um diese Phänomene zu deuten. Mit der Quantenmechanik war eine theoretische Basis geschaffen, mit der Experimente ausgezeichnet gedeutet werden konnten. Ein hoher Preis ist allerdings mit dem Verlust der "Anschaulichkeit" und der "Sprachlosigkeit" zu bezahlen. Ort und Geschwindigkeit eines Elektrons z.B. können nicht mehr wie bei einem "klassischen" Teilchen im Prinzip beliebig genau angegeben werden sondern nur durch unanschauliche aber berechenbare Wahrscheinlichkeitsamplituden, mit denen Ort und Geschwindigkeit grundsätzlich nur im Sinne statistischer Verteilungen bestimmt werden können.

Gottseidank steht heute ein mechanistisches Weltbild der Frage nach der Entscheidungsfreiheit nicht mehr im Wege: Kein atomares Uhrwerk, kein fest vorgeprogrammierter Rechenautomat in unserem Gehirn kann für unser Handeln verantwortlich gemacht werden und entläßt uns aus dem Verantwortungsproblem. Die Quantenmechanik hat uns von der Arroganz des mechanistischen Weltbildes befreit.

Scheinbar disjunkte Bilder des Elektrons wie Welle und Koruskel finden auf einer höheren abstrakten Ebene, der mathematischen Beschreibung durch die Quantenelektrodynamik, eine Deutung. Das Erstaunliche ist, daß wir mit dieser Welt der Gesetze ⁴ offenbar sehr praktisch zu leben lernen. Selbst der Student lernt diese Gesetze wie einen im Detail unverständenen Rechner zu gebrauchen, sehr oft wird ihm dabei das anschaulich Absonderliche noch garnicht bewußt. Sollten nicht analog zum Teilchen-Welle auch andere komplementäre Gegensatzpaare wie Leib-Seele, Vernunft-Instinkt, Logos-Eros oder Eros-Todestrieb zu einem ganzheitlichen Bild führen, indem wir analog zum Versagen der anschaulichen Beschreibung des Elektrons das Versagen des rein rationalen Denkens ins Kalkül ziehen. Angefangen mit Niels Bohr ist zu diesem Thema sehr viel geschrie-

⁴im Sinne der 3. Welt von Karl Popper in "Objektive Erkenntnis"

ben worden. Allerdings kann ich aus diesen Überlegungen keine Ethik herleiten, die zu unserem Thema beitragen könnte. Aber aus dem Umgang mit diesen Fragen resultiert eine gewisse Bescheidenheit und ein Abbau gelehrriger Arroganz, da uns Grenzen unseres Denkens, unserer "instrumentellen Vernunft" ⁵ deutlich werden. Dies, so scheint mir, ist eine wichtige Voraussetzung für verantwortliches Handeln. Der ewig Rechthabende braucht sich die Frage seiner Rechtschaffenheit erst garnicht zu stellen.

Ein zweiter sehr neuer Bereich der Physik sei genannt, der unser Denken beeinflussen und vielleicht einmal Ansätze für Problemlösungen liefern könnte. Es handelt sich um ein neues Arbeitsgebiet, das unter Stichworten wie Synergetik, Chaosforschung oder Selbstorganisation läuft. Es befaßt sich mit komplexen, sog. nichtlinearen Systemen, die bei Änderung von Randbedingungen verschiedene Zustände höchster Ordnung bis zum Chaos durchlaufen können.

Um einen Grundaspekt zu beschreiben, greife ich zu einem Beispiel. Betrachten wir eine völlig ebene Sandwüste in völliger Windstille. Kommt nun eine leichte Brise auf, die über die Ebene hinwegstreicht, so wird zunächst nichts passieren. Aber mit zunehmender Windstärke fangen die Sandkörner an sich zu bewegen und plötzlich bildet sich eine kleine Unebenheit, vor der sich weitere Sandkörner sammeln können. Die darüber hinwegfließende Luft verliert ihre gleichmäßige Bewegung, was wiederum neue Sandanhäufungen verursacht. Aber wie wir wissen geschieht dies nun nicht nach Belieben sondern das Wechselspiel von Wind und Bodenbeschaffenheit führt zu der charakteristischen waschbrettartigen Modulation der Oberfläche. Wir haben hier also das Phänomen einer Strukturbildung aus einem System höherer Symmetrie heraus: Während zunächst jedes Volumenelement der Luft oder des Sandes gleichwertig durch ein chaotisches Ensemble von Gasmolekülen oder Sandkörnern zu beschreiben ist, also durch eine Ortsverschiebung immer die gleichen Verhältnisse angetroffen werden, so ist dies nach Einsetzen der Wellenbildung nicht mehr der Fall. Die gleiche Situation finden wir nur nach Verschiebung um eine Wellenlänge wieder.

Was bei diesem Beispiel im Resultat so einfach erscheint, kann im Einzelnen recht kompliziert sein. Wir stellen aber fest, daß sich in unserem Beispiel Luft und Sandkörner gegenseitig derart beeinflussen, daß es zu einem neuen kollektiven Phänomen der Wellenbildung führt und daß hierzu die "Rückwirkung" der Inhomogenitäten der Sandoberfläche auf die Luftbewegung von zentraler Bedeutung ist. Wir stellen auch fest, daß dies bei bestimmter Beschaffenheit der Sandkörner nur unter bestimmten Bedingungen der Luftgeschwindigkeit geschieht. Sie darf nicht zu gering sein und nicht zu hoch wie etwa bei einem Sandsturm, bei dem es dann "chaotisch" zugeht.

Analog verhält sich der Laser, bei dem sich die Lichtquanten gegenseitig durch Rückwirkung auf die angeregten Atome in Gleichtakt zwingen und den Laser als kohärenten gleichgerichteten Lichtstrahl verlassen, ganz im Gegensatz zu einer normalen Glühbirne, aus der die Lichtquanten zeitlich und räumlich unbeeinflußt abstrahlen.

⁵Joseph Weizenbaum, "Die Macht der Computer und die Ohnmacht der Vernunft"

Bei diesen Beispielen beobachten wir, daß wir es mit Phänomenen zu tun haben, bei denen wir wie beim Wetter durchaus die Erscheinungen rückblickend erklären können, aber eine Vorhersage des Prozesses trotz wohl bekannter makroskopischer Gesetze aus einer grundsätzlich unzureichenden Kenntnis der Anfangsbedingungen nur begrenzt möglich ist.

Analoges kollektives Verhalten finden wir aber auch in unserer Gesellschaft. Man denke nur an die Mode: Ein Modediktator macht seine Röcke dieses Jahr kürzer. Über die Medien vermittelt und einem Bedürfnis nach Neuerung folgend, kann hieraus eine kollektive, anerzogene Reaktion der Käuferinnen folgen, die ihrerseits wiederum die Existenz eines mächtigen Modefürsten ermöglicht. Modeschöpfer, Medien, Marktverhalten bilden ein komplexes System, das nur durch das interaktive, rückgekoppelte Zusammenwirken fester Bestandteil unserer Wirtschaft werden konnte: Alles Themen, die in den Sozialwissenschaften ihre Bearbeitung finden, für die sich Physiker zunehmend interessieren, wenn sich Zusammenhänge aus der physikalischen Welt auf die soziale übertragen lassen. Ich denke hier an die Einwohnerverteilung von Metropolen bis zu Dörfern, die einfachen Differentialgleichungen zu gehorchen scheinen, wie sie in der Physik auftreten und deren wenige bestimmbare Parameter interessante Rückschlüsse erlauben, die aus einer rein "anschauenden" Betrachtung sicher nicht gewonnen werden könnten. Wenn auch die Aussagekraft mathematischer Formulierung sozialer Zusammenhänge bezweifelt werden mag, so halte ich diese Versuche für lehrreich und für eine nützliche Brücke, die die Disziplinen näher bringen kann.

Wichtig aber für unser Thema ist die Tatsache, daß doch auch das Entstehen der "Ethiken" als Basis verantwortlichen Handelns von synergetischen Effekten abhängig ist, daß wie im obigen Beispiel kleine Windstörungen im Wüstensand völlig neue (symmetriebrechende) Wellenbildung verursachen, doch auch kleine Störungen im gesellschaftlichen Bereich zu Paradigmawechseln führen können: Der befreunde Jude plötzlich zum auszurottenden Staatsfeind erklärt werden kann, ohne daß sich in der Bevölkerung nennenswerter Widerstand erhebt.

Solche Wechsel erfolgen wie in unserem Wüstenbeispiel nicht vorhersehbar. Die Zahl der Parameter, die solche Abläufe bestimmen, sind zu mannigfaltig und die Sensibilität gegenüber kleinsten Änderungen der Parameter ist viel zu groß. Wie bei den genannten Beispielen können nur aus historischer Sicht Wirkungszusammenhänge erkennbar werden. Eine Prognose derartiger Wechsel scheint unmöglich vorhersehbar. (Wer hätte diesen Durchbruch in der UDSSR unter Gorbatschow vorhersehen können?)

Wir im Westen sind weitgehend der Ansicht, daß unsere Demokratie ein relativ guter Garant für die Stabilität unserer sozialen Lebensform ist. Offenbar ist die Gewährung einer Meinungsvielfalt und eines Mehrparteiensystems vielleicht nicht die "vernünftigste" aller Staatsformen, aber offenbar doch einigermassen geeignet gegen kollektive, synergetische Durchbrüche, die das System selbst in Frage stellen könnten oder sogar als solche gedacht sind. Im physikalischen Bild unserer Wüste bedeutet das, daß eben durch Steine in der Wüste, also Inhomogenitäten, ein Durchbruch zu einer kollektiven Schwingungsmode, die zur Wellenbildung führt verhindert werden muß.

Synergetische Effekte, so meine ich, sind für die offensichtlichen Fehler unserer industriellen und militärischen Entwicklung verantwortlich. Ich meine, daß wir heute vor dem Problem einer grotesken, das Leben der Menschheit bedrohenden Überrüstung der Supermächte stehen, die aber auch für die ärmsten Länder unter größten Opfern nachahmenswert erscheint, ist nur als synergetischer Effekt zu verstehen. Das Wechselspiel von Bedrohung und Gegenbedrohung seitens der Opponenten ist ja nur eine vorgeschobene Komponente des anhaltenden Rüstungswettlaufes. Ignoranz gegenüber militärisch-technischen Zusammenhängen, Geheimhaltung und Abkoppelung von demokratischen Entscheidungsprozessen sind zumindest im Westen Voraussetzung für diese Entwicklung. Als Beispiele unter vielen seien die Vielfachsprengköpfe, die Neutronenbombe und Pershing II genannt, die allesamt nichts zur erhöhten Sicherheit beigetragen, sehr wohl aber zu einer gefährlichen Destabilisierung. Gerade die Einführung der Nachrüstungswaffen im Vorfeld der sog. Nachrüstungsdebatte macht das synergetische Zusammenspiel in militärischen-industriellen-politischen Lagern besonders deutlich.

Sicher wird meine Einschätzung nicht von allen geteilt. Weitgehend Übereinstimmung ist aber vielleicht in dem Punkt zu erzielen, daß eine breiter angelegte Diskussion, eben nicht nur auf der Ebene der Friedensbewegungen, sinnvoll gewesen wäre und in ähnlichen Fällen auch in Zukunft sein wird. Verantwortung setzt schon da ein, wo es darum geht, die Diskussion zu fördern. In dem obigen Bild sind es die Steine, die Inhomogenitäten, die zusätzlichen Freiheitsgrade, die der Ankopplung bedürfen, um ein gefährliches Einschwingen zu verhindern und Wege für neue und originelle Lösungen zu öffnen.

Verantwortung der Physiker in der Hochschule

Meine These lautet,

- daß wir Technik bedürfen, auch dann noch, wenn Konsens in einem Abbau unseres Lebensstandards bestehen sollte, was für die kommende Generation wohl kaum zu erwarten ist,
- daß wir Grundlagenforschung für eine lebensfähige Technik bedürfen,
- daß wir der Grundlagenforschung als Teil unserer Kultur für unsere Positionsbestimmung in dieser Welt in diesem kurzen Zeitabschnitt ihres Bestehens bedürfen, oder umgekehrt, daß eine Gesellschaft, die nicht mehr nach ihrem Platz in der Natur fragt, wohl kaum eine Ethik für den Umgang mit ihr und sich selbst entwickeln wird,
- daß wir der Grundlagenforschung bedürfen, um neue Denkansätze aus unserer anschaulich beschränkten Umwelt heraus zu finden und schließlich,
- daß wir der Grundlagenforschung auch deshalb bedürfen, um Wissenschaftler in einem Freiraum zu haben, die sich mit anstehenden Problemen unserer Gesellschaft, je nach ihrer Kompetenz als von Institutionen weitgehend unabhängig befassen können.

Es ist der letzte Punkt, auf den ich noch kurz eingehen möchte. Als Physiker nach der Verantwortung gefragt, kann ich und sollte ich in erster Linie meine eigene Position vor Augen haben und vorsichtig mit dem erhobenen Zeigefinger sein, was eh schon zu viel geschieht. Als Hochschullehrer und Grundlagenforscher habe ich die Pflicht nach dem Hochschulgesetz Studenten auf die Folgen unserer Wissenschaft für die Gesellschaft hinzuweisen. Darüber hinaus ist es dringend erforderlich, die jüngeren Wissenschaftler auf die Aufgaben hinzuweisen und so gut wie möglich vorzubereiten, die mit ihrer Generation und nachfolgenden an Problemen zu meistern sind. Wie auch immer unsere Welt in einigen Jahrzehnten aussehen wird, ob Aids, Hunger, Kriege oder ein grundlegender sozialer Wandel das Bevölkerungsproblem lösen wird, ob mit oder ohne Kernfusion und/oder Kernspaltung, ob mit oder ohne CO₂-Anstieg das Energieproblem zu lösen sein wird, ob mit oder ohne Atomwaffen das Sicherheitsproblem zu lösen sein wird, naturwissenschaftlich-technische Probleme ungeheuren Ausmaßes und ungeheurer Dringlichkeit kommen auf die Menschheit zu. Keiner der genannten zentralen Problembereiche ist von den anderen zu entflechten. Nur gemeinsam in interdisziplinärer Zusammenarbeit können die Teilaufgaben der Disziplinen erkannt und sinnvoll koordiniert werden.

Wenn also Verantwortung im oben geschilderten Bild für das Überleben der kommenden Generationen (10-20 ?) zu tragen ist, so heißt das, daß wir als "erfinderische Zwerge" anfangen, nicht nur ein als elitär empfundenes Spezialwissen zu vertiefen und zu erweitern, sondern ein "brain storming" entfachen, das dazu beiträgt, steuernd die technische Umsetzung der Grundlagenforschung zu verfolgen und neue Ansatzpunkte für die Problemlösung bereitzustellen.

Ein zu hoch gestelltes Ziel, an dem man nur scheitern kann? Bislang haben wir die Möglichkeiten an den Hochschulen zu fachübergreifenden Studien kaum genutzt. Sind wir nicht nach einem Bild von Weizenbaum wie ein Schwimmer und ein Nichtschwimmer am Rande eines Flusses, in dem wir ein Kind ertrinken sehen? Wer hat die grössere Verantwortung in den Fluß zu springen, um das Kind zu retten? Ich glaube wir sind an der Hochschule nicht immer die Experten, nicht die guten Schwimmer, die es meist im interdisziplinären Sinne auch kaum gibt. Aber andere schwimmen ganz offensichtlich noch schlechter. Deshalb ist es unsere Verantwortung dieses Vakuum zu füllen. Ich hoffe sehr, daß das neu gegründete Zentrum für interdisziplinäre Technikforschung an dieser Hochschule ein erfolgreicher Schritt in diese Richtung sein wird.