

Nr. 25

Zur Situation der modernen Biologie

Rede, gehalten beim Antritt des Rektorats am 9. Mai 1969
von dem ordentlichen Professor für Ernährungswissenschaft
Dr. med. GÜNTHER SIEBERT



VERLAG EUGEN ULMER STUTTGART

S 8227,9
B.125

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	3
Quellen der Unruhe	3
Zum Freiheitsbegriff	3
Zur Unanschaulichkeit	5
Zur Frage der Ethik	7
Zur Charakterisierung moderner Naturwissenschaft	9
Zur Motivation	9
Zum Optimismus	10
Zum Ordnungsbegriff	10
Zur Problematik der Zellbiologie	12
Zum Hierarchiebegriff	12
Zur Unbestimmtheitsrelation	13
Zum Strukturbegriff	14
Zum Wissenschaftsbegriff	16
Literaturnachweis	18



Herausgegeben von der Informations- und Pressestelle
der Universität Hohenheim (Landwirtschaftliche Hochschule)

© 1969 Eugen Ulmer, Stuttgart, Gerokstraße 19 / Printed in Germany
Gesamtherstellung: Buchdruckerei Ungeheuer & Ulmer, Ludwigsburg

69/1204

*A scientist's life might be interesting socially
as well as intellectually.*

J. D. WATSON¹

Einleitung

Es ist der Sinn der Antrittsrede eines Rektors, den berechtigten Anspruch der Öffentlichkeit auf Information über das Universitätsleben mit zu erfüllen. Zugleich ist es die Gelegenheit für den ins Amt tretenden Rektor, in eine Selbstdarstellung seiner Wissenschaft seine persönlichen Überzeugungen einzubeziehen und womöglich etwas zu den Grundsätzen seiner Amtsführung zu sagen. Bitte nehmen Sie die nachfolgenden Ausführungen eines Professors durchaus als Ausfluß des lateinischen „profiteri“, das man auch weiterhin mit „öffentlich bekennen“ übersetzen sollte.

Quellen der Unruhe

Es ist in den letzten Jahren mit zunehmender Betonung geäußert worden, Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften lebten sich, jedenfalls in der westlichen Welt, immer weiter auseinander. Insbesondere SNOW² hat dies mit viel Emphase vorgetragen und spricht von den zwei Kulturen als Gegensätzen; ich bin im Gegensatz zu SNOW der Meinung, daß aus den vorhandenen Unterschieden nicht notwendig Gegensätze werden müssen. Sicher ist jedoch, daß das Extrem des völligen Nichtverstehens der Naturwissenschaften, der Mangel an Rezeptivität für naturwissenschaftliche Erkenntnisse, gar nicht so selten ist. Woran liegt das?

Zum Freiheitsbegriff

Zu den Begriffen, ohne die Naturwissenschaft nicht denkbar ist, gehört der des Axioms. „Grundbegriffe werden durch den Hinweis auf bekannte Erlebnisse eingeführt; ihre Grundsätze werden entweder als einsichtige Tatsachen dargestellt, die man sich klarmachen kann, oder sie werden als Extrakt von Erfahrungskomplexen formuliert und geben damit dem Glauben Ausdruck, daß man Naturgesetzen auf die Spur gekommen ist, zugleich mit der Absicht, diesen

4 Quellen der Unruhe

Glauben durch den Erfolg der Theorie zu stützen“ (HILBERT³). Die Prüfung der Axiome auf Erfüllbarkeit, damit auf Widerspruchsfreiheit, macht einen wesentlichen Teil der Forschungsarbeit des Naturwissenschaftlers aus.

Diesen Definitionen eines Mathematikers sind zahlreiche Naturwissenschaftler beigetreten, von denen MAX PLANCK zitiert sei: „Auch in der Physik gilt der Satz, daß man nicht selig werden kann ohne den Glauben“⁴. NIELS BOHR nimmt die Existenz von Leben als eine der Grundtatsachen hin, für die man keinen spezifischen Grund angeben kann und die genau so als Ausgangspunkt der Biologie akzeptiert werden müssen wie der Satz, daß das Quant zusammen mit der Existenz der Elementarteilchen die Grundlage der Physik bildet⁵.

Axiome im Bereich der Biologie haben derzeit meist die Dignität der Selbst-Evidenz, der scheinbar mühelosen Einsehbarkeit⁶. Die theoretische Biologie ist heute in der Lage, eine „axiomatische Zelle“ zu entwerfen und in Rechenanlagen ihre Eigenschaften zu prüfen. Man findet dabei⁷, daß sich Phänomene wie Wachstum, Krebsauslösung, Differenzierung, Virusinfektion u. a. m. ausgezeichnet studieren lassen und bereits erstaunliche Ähnlichkeit zu Beobachtungen an lebenden Zellen liefern.

So sehr aus dem Gesagten die prinzipielle Unsicherheit der Axiome und Naturgesetze zu folgen scheint, so gesichert sind diese – nach Jahrtausenden Bemühungen des menschlichen Geistes – in der Praxis, sicher genug jedenfalls, daß für den heute naturwissenschaftlich Arbeitenden eine ganz entscheidende Einengung seiner geistigen Freiheit folgt.

THEOPHRAST VON HOHENHEIM schreibt in seinem Buch „Vom Irrgang der Ärzte“ in freier Übertragung: „Der Geist weht, wo er will, ist niemandes eigen; er hat seinen freien Willen“⁸. Dieses archaische Freiheitsbedürfnis des Menschen ist heute so lebendig wie je, so legitim wie je, und wird in der Universität als Freiheit von Fremdbestimmung⁹, als Freiheit der Personen in den Institutionen für Forschung und Lehre verstanden. Es bedarf auch an dieser Stelle des klaren Bekenntnisses zum Freiheitsbegriff in der Wissenschaft, zugleich jedoch des Hinweises, daß sich Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften offenbar prinzipiell in ihrem Maß an vorgegebener Freiheit unterscheiden.

Nur noch im Rahmen der Naturgesetze bleibt dem Naturwissenschaftler Freiheitsraum; nur bei Beachtung der Naturgesetze – und darunter darf auch die Deckung des Nahrungsbedarfs verstanden werden – ist der Geisteswissenschaftler imstande, von der sehr weit gefaßten Freiheit Gebrauch zu machen, die sein Fach ihm einräumt. Zwar gibt es für den Geisteswissenschaftler keine den Naturgesetzen

ranggleichen Axiome, doch ist auch er an das Tatsachenmaterial seines Faches gebunden, dessen Negierung mit dem Wissenschaftsbegriff unvereinbar ist.

Ich meine also, daß einer der grundlegenden Unterschiede zwischen Geisteswissenschaften und Naturwissenschaften das Freiheitsmaß ist, das den jeweiligen Fächern eignet. Auch kennt die Geisteswissenschaft nicht die Reproduzierbarkeit der untersuchten Prozesse. Kein Wunder also, wenn die Anziehungskraft geisteswissenschaftlicher Fächer so viel größer ist als praktisch ökonomische Überlegungen je nahelegen würden, einfach weil ein elementares Bedürfnis des menschlichen Geistes erfüllbar scheint. Immer dann jedoch, wenn sich aus oft ganz untergründigen Motiven ein Unbehagen an den Naturwissenschaften artikuliert, wird man daran erinnern müssen, daß Einsicht in die spezifischen Freiheitsbedingungen der Naturwissenschaft keineswegs zur Verleugnung des geistigen Freiheitsdranges führen muß und führen darf; ich sehe keinen Weg, wie man Naturwissenschaften unter gleichzeitiger Leugnung der axiomatischen Naturgesetze treiben kann: Ohne die Hauptsätze der Thermodynamik ist Stoffwechsel, eines der Kriterien des Lebens, nicht denkbar; ohne die Gesetze der Mechanik gibt es keinen Luft- oder Straßenverkehr. Wer aus archaischem Freiheitsbedürfnis heraus diese Axiome leugnet und dies an sich selbst demonstrieren will, etwa indem er die Nahrungsaufnahme einstellt oder den Schutz vor Wärmeverlusten durch Kleidung oder Heizung aufgibt, wird durch die Folgen eindrucklich darauf hingewiesen, daß er die Grenze zwischen archaischem und anarchischem Freiheitsbedürfnis überschritten hat. Eine solche Grenze existiert zweifellos auch für geisteswissenschaftliche Fächer.

Bei der Bedeutung, die ich vorangehend den Axiomen der Naturwissenschaften gegeben habe, ist es klar, daß sie meilenweit vom Begriff des Dogmas entfernt sind; darauf komme ich zurück. Aber ist es nicht verständlich, daß die prinzipielle Unerfüllbarkeit des vollen geistigen Freiheitsbedürfnisses in den Naturwissenschaften eine der Quellen der Unruhe ist, die heute die geistige Welt durchzieht?

Zur Unanschaulichkeit

Naturwissenschaften, die sich doch mit der direkten stofflichen Umgebung des Menschen befassen, sind keineswegs so anschaulich, wie der Laie glauben mag. Der Mikrokosmos ist jenseits der Auflösungskraft der Lichtoptik nur noch unter Abstraktion sichtbar zu machen; Zeitparameter von Millionstel Sekunden, wie sie viele biochemische Ereignisse zeigen, Vibrationen von Membranen, elektrische Schwin-

gungen, Dichteänderungen einer Flüssigkeit sind für den Menschen unsichtbar, vielleicht aus einem sehr einfachen Grund: Das Überleben der Species Mensch hängt nicht davon ab, daß man diese Vorgänge sehen kann. Gelingt es aber, diese Vorgänge auf indirektem Wege sichtbar zu machen, so wird eine Fülle von außerordentlich schönen, oft verblüffenden, häufig überraschend wohlgeordneten Formen erfaßbar, die in einer ganz spezifischen Weise – neben ihren ästhetischen Werten – ein zweites Bedürfnis des menschlichen Geistes zu befriedigen vermögen, das ich das morphologische Bedürfnis nennen möchte. Der Mensch lebt wesentlich mit seinen Augen: Sie ermöglichen nicht nur die Orientierung im Raum und verlangen evtl. – etwa beim Blindflug – der Ergänzung durch physikalische Apparate; sie bilden einen wesentlichen Teil der Gedächtnisprogramme des Gehirns, gerade auch durch Vermittlung von Schrift und Druck.

Entscheidende Bereiche der modernen Naturwissenschaft entziehen sich nun aber der Anschaulichkeit, aus qualitativen wie aus quantitativen Gründen, und erfordern ein hohes Maß an Abstraktionsfähigkeit, wenn man mit Daten aus der Atomphysik, der Molekularbiologie oder der Physikochemie umgehen will. Das morphologische Bedürfnis ist also bestenfalls nach einem durchaus erheblichen Maß an geistiger Arbeit zu erfüllen. Intellektuelle Befriedigung ist in den Naturwissenschaften stets das Ergebnis harter geistiger Bemühungen.

Ohne daß ich an dieser Stelle auf gegenwärtige Schulsysteme eingehen will, muß man doch sagen, daß der die Universität beziehende Student geisteswissenschaftlicher Fächer erstaunlich schlecht präpariert ist, naturwissenschaftlichen Denkprozessen zu folgen, spätestens wenn der Zwang zur Abstraktion einsetzt. Selbst in der Biologie, um nicht von Physik und Chemie zu sprechen, ist auf weiten Bereichen mit der Anschauung allein nicht mehr alles zu gewinnen; die Zeit des Gänseblümchen-Sammelns ist endgültig vorbei. Jeglicher physikalische Prozeß, etwa der Stofftransport und das Membranverhalten, wie auch jeder chemische Vorgang, etwa der Stoffwechsel, sind nur noch mittels Abstraktion zu verstehen. Wo diese vonnöten ist und nicht geleistet wird, haben wir als Folge das von allen beklagte Unvermögen zum gegenseitigen Verständnis. Geisteswissenschaftliche Abstraktionen, die z. B. in den Wirtschafts- oder Sozialwissenschaften zu Lehrmeinungen führen, sind mit naturwissenschaftlichen Abstraktionen, als Hilfsmitteln der Erkenntnis und des Experimentes, nicht vergleichbar.

Alle, die den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kennen, werden mir zugeben, daß er nicht nur allgemeingültig und von tiefer Bedeutung ist, sondern daß ihm eine ganz eigentümliche, ernste Schönheit

innewohnt. Die Empfindungen reichen bis zur Ehrfurcht²⁾. So richtig es ist, daß Wißbegier hinsichtlich der natürlichen Welt und der Gebrauch symbolischer Denksysteme den geistig wachen Menschen kennzeichnen, so wenig kann doch der für den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik etwas gewinnen, der nicht die Sprache der Physik versteht. Es ist im bittersten Wortsinne das Problem der gegenseitigen Verständigung, das den Naturwissenschaften so zu schaffen macht, wenn sich die Forderung des Primats der Geisteswissenschaften erhebt, wo doch nur Gleichberechtigung beider Wissenschaftszweige die Grundlage und Verständigung das Ziel sein kann. Vergessen wir nicht, daß die Verkennung geistiger Bedürfnisse, hier erläutert als Bedürfnis nach Anschauung, Unruhe schafft, die sich offensichtlich nur schwer zu artikulieren vermag, für die psychologische Situation jedoch hohe Relevanz besitzt. Studieren wir die Geschichte, die uns ernste Beispiele des Zusammenhangs zwischen Angst und Unwissen zu lehren vermag. Die Gegenwart ist keineswegs frei davon. Naturwissenschaften und Technik setzen nicht nur Grenzen, sondern erschließen zugleich neue Räume; sind wir aber z. B. für die geistige Bewältigung der Raumfahrt präpariert? Erkennen, geschweige denn bewältigen wir die komplexen gesellschaftlichen Vorgänge unserer Zeit?

Zur Frage der Ethik

Das Problem der Ethik des Naturwissenschaftlers hat gerade auch in der Jugend enormen Widerhall gefunden. Mit MAX BORN dürfen wir vom „Triumph des Verstandes, aber zugleich vom tragischen Versagen der Vernunft“¹⁰ sprechen. Nach allem, was zu diesem Thema von seiten der Wissenschaftler aller Richtungen, nicht zuletzt auch der Künstler und Publizisten, gesagt worden ist, wäre es wohl vermessen, hier aus eigenem Fundus etwas Neues bringen zu wollen, etwa zur Frage der Manipulierbarkeit des Menschen.

Wissenschaft hat immer den Anspruch auf Zweckfreiheit erhoben¹¹, wenn auch nicht immer klar genug definiert. Zweckfreiheit gewinnt eine dialektische Funktion, wenn Zweck und Ziel der Zweckfreiheit formuliert und der Öffentlichkeit deutlich gemacht werden, etwa bei der Frage der Verlängerung des Lebens durch medizinische und naturwissenschaftliche Forschung; was ist der Zweck eines verlängerten Lebens? Zweckfreiheit ist nicht Rechenschaftsfreiheit: Jeder Wissenschaftler steht in der Verantwortung, vor dem eigenen Gewissen wie vor der Gesellschaft; man muß die Gefahr erkennen, die aus einer moralischen Isolierung des Naturwissenschaftlers¹² resultieren kann.

Naturwissenschaftliche Erkenntnis ist zunächst prinzipiell wertneutral: Sie kann zum höchsten Nutzen wie zum katastrophalen Schaden der Menschheit angewendet werden¹². Jeder von uns kennt hierzu Beispiele der neuesten Zeit. Als Gruppe stehen die Naturwissenschaftler in ihrem gesellschaftlichen Engagement und ethischen Verantwortungsbewußtsein anderen Gruppen der Gesellschaft sicher nicht nach. Daß eine Gruppe von Naturwissenschaftlern stets aus Individuen, wenn nicht Individualisten besteht, ist hierzu kein grundsätzlicher Widerspruch. Häufig genug muß der Naturwissenschaftler als Individuum mit eigener Verantwortung handeln.

Wenn ich mich zur Zweckfreiheit der Wissenschaft bekenne und zugleich die Rechenschaftsfreiheit leugne, so stellt sich die praktische Frage, wie denn die ethische Verantwortung des Naturwissenschaftlers realisiert werden soll. Häufig genug wird diese Frage von engagierten Studenten als Kontrollproblem formuliert. Nun besitzt der Erkenntnisprozeß soviel Autonomie – und muß sie besitzen –, daß mit direkter Kontrolle auf *dieser* Ebene nichts zu erreichen ist. Die Geschichte lehrt uns genügend Beispiele, daß Gebote und Verbote ungeeignet sind, Erkenntnis und Wahrheit zu unterdrücken oder zu steuern. Vielmehr ist es die Anwendung naturwissenschaftlicher Erkenntnis, und damit wesentlich ein politischer Entscheidungsprozeß, wenn aus naturwissenschaftlicher Erkenntnis über das Wohl oder Wehe der Menschheit befunden werden muß. Es ist falsch, zu glauben, Kontrolle auf der Ebene der Universität oder ihren Einrichtungen könne die Einhaltung ethischer Maximen sichern. Auch in dieser Hinsicht ist die Universität nur ein Teil der Gesellschaft; so wenig sie ihren Anteil an der Verantwortung leugnet, so sehr würde sie überfordert, wollte man ihr die ganze Verantwortung für Politik und ihre Auswirkungen anlasten. Was meines Erachtens nottut, ist also die klare Erkenntnis der anteiligen moralischen Verantwortung verschiedener Institutionen, ist die Bewußtmachung der jeweiligen Aufgaben und Grenzen, und ist Aufklärung im Wort-Sinne des ausgehenden 18. Jahrhunderts: Natur- und Geisteswissenschaften, in verschiedenen Teilen der Gesellschaft in sehr unterschiedlicher Ausprägung anzutreffen, müssen sich verstehen können, wenn sie ihrer moralischen Verpflichtung nachkommen wollen.

Was uns bewegt, ist das Bestreben nach Verständnis der Unruhe, die weite Teile der Welt und gerade die Jugend ergriffen hat. „Die Entwicklung von Naturwissenschaft, Technik und Industrie hat einen stürmischen Charakter angenommen, der Wertkonflikte schafft und Ängste vor Manipulationen des menschlichen und gesellschaftlichen Lebens aufkommen läßt.“ Antihumane Entwicklungen sind nicht ausgeschlossen. „Solche Ängste, wo sie in der Sorge um Humanität und

individuelle Freiheit wurzeln“, sind legitim und verlangen nach geistiger Bewältigung¹³.

Vielfach wird nach Planung und Steuerung gerufen; ich bin skeptisch, ob sie alles leisten können, was man erwartet. Planung schließt die Möglichkeit der Fehlplanung ein. „Naturwissenschaft basiert immer auf dem reproduzierbaren Experiment; Forschungsplanung kann nur mit der Einschränkung geschehen, daß sie Raum für unvorhergesehene und unvorhersehbare Entwicklungen läßt. Denn visionäre Leistungen der Vorausahnung, welche die größten Anstöße zu wissenschaftlichen Umwälzungen gegeben haben“, wird es auch in Zukunft geben¹⁴. Vermutlich ist es der Naturwissenschaftler, der als erster mit der Angst vor der Zukunft fertig werden muß, um dann seine innere Sicherheit auf die übrigen Glieder der Gesellschaft zu übertragen.

Zur Charakterisierung moderner Naturwissenschaft

Von der Sorge um die Zukunft sollten wir uns nicht den Blick verstellen lassen für andere, entscheidend wichtige Aspekte der Naturwissenschaften. Ich zitiere aus einem Brief von SCHILLER an KÖRNER¹⁵: „Danken Sie dem Himmel für das beste Geschenk, das er Ihnen verleihen konnte, für dies glückliche Talent zur Begeisterung. Das Leben von tausend Menschen ist meistens nur Zirkulation der Säfte, Einsaugung durch die Wurzel, Destillation durch die Röhren und Ausdünstung durch die Blätter; das ist heute wie gestern, beginnt an einem wärmeren Apriltage und ist mit dem nämlichen Oktober zu Ende. Ich weine über diese organische Regelmäßigkeit des größten Teils in der denkenden Schöpfung, und den preise ich selig, dem es gegeben war, der Mechanik der Natur nach Gefallen mitzuspielen und das Uhrwerk empfinden zu lassen, daß ein freier Geist seine Räder treibt . . .“

Zur Motivation

Dies ist in der Tat ein wesentlicher Teil der Motivation des Naturwissenschaftlers: Einmal soll die natürliche Welt verstanden, zum anderen soll sie beherrscht werden. Jedes dieser Motive kann für den einzelnen Forscher Vorrang haben, doch wird das eine im anderen stets mitenthalten sein. Kosmogonie z. B. entspringt wesentlich dem ersten, weite Gebiete der Medizin dem zweiten Motiv².

Zum Optimismus

Motivation und Enthusiasmus bilden beim forschenden Naturwissenschaftler häufig eine besondere Art des Optimismus: Er fragt, eher ungeduldig, ob sich in einer gegebenen Situation nicht etwas tun lasse, und neigt zu der Meinung, man könne etwas tun, solange das Gegenteil nicht bewiesen ist². Soziale Erfahrung, die sich in dieser Form äußert, steht nicht im Widerspruch zur individuellen Situation des Forschers, die häufig genug als isoliert empfunden wird.

Der eigentümlich zupackende Optimismus wird gerade auch auf meinem eigenen Fachgebiet, der Ernährungswissenschaft, deutlich: Die Mehrzahl unserer Mitmenschen auf der Erde ist unterernährt und stirbt vorzeitig². Ja, ohne physikalische und biologische Technik – hierzu gehören wesentliche Bereiche der Agrarwissenschaft wie der modernen Medizin – würden die meisten von uns innerhalb kurzer Frist zugrunde gehen oder mindestens in Armut und Elend zurücksinken¹⁶. Die Ursache liegt in einer enormen Zunahme der Erdbevölkerung, mit der Folge einer tiefgreifenden Störung ihres stationären Gleichgewichts, ausgelöst durch die bevorzugt in Europa und Nordamerika entwickelte moderne Medizin – Kindersterblichkeit, Infektionskrankheiten, Antibiotika, Immunologie – und nicht zuletzt durch die Anwendung der modernen Erkenntnisse der Ernährungswissenschaft. An dieser Lage ist vieles nicht schicksalhaft, und wir füllen unseren Rang als Menschen nur aus, wenn wir dagegen angehen. Wer wollte da die Hände in den Schoß legen?

Dankbar begrüße ich in diesem Zusammenhang die Zusammenarbeit mit der Universität Ulm, die ihren Niederschlag in der Errichtung eines gemeinsamen Sonderforschungsbereichs Ernährungswissenschaft finden wird.

Zum Ordnungsbegriff

Wenn wir uns einem weiteren Phänomen der Naturwissenschaft, dem Begriff der Ordnung zuwenden, soll er vorzugsweise an biologischen Objekten, und an diesen innerhalb eines Individuums – einer Zelle, eines Organismus – diskutiert werden; Ordnung zwischen Individuen, legitimes Feld auch der Geisteswissenschaften, bleibt außer Betracht.

Die lebende Zelle demonstriert uns ein geordnetes und gesetzmäßiges Verhalten der Materie¹⁷, das prinzipiell den Gesetzen der Physik folgt. Diese sind, so wie wir sie kennen, statistischer Natur. Sie handeln weitgehend von der natürlichen Neigung der Dinge, aus Ordnung in Unordnung überzugehen. Ihre statistische Natur läßt sich leicht am Beispiel des radioaktiven Zerfalls belegen: Die Lebens-

dauer eines Atoms kann Tausende von Jahren währen, und doch bleibt die Möglichkeit immer bestehen, daß es schon in der nächsten Sekunde zerfällt, sei diese Möglichkeit nun groß oder klein. Trotz dieses Mangels an individueller Bestimmbarkeit gilt für die Masse der Atome das statistisch gewonnene, überaus exakte Exponentialgesetz des radioaktiven Zerfalls.

Ist diese Ordnung nun auf das Geschehen in der lebenden Zelle übertragbar? Das Leben beruht nicht ausschließlich auf der Tendenz des Übergangs von Ordnung in Unordnung, sondern mindestens während der statistisch gegebenen Lebensdauer auf der Fähigkeit, Ordnung aufrecht zu erhalten. Diese Fähigkeit findet in der unbelebten Natur nicht ihresgleichen¹⁷. Darf man annehmen, daß die lebende Zelle ihr Ordnungsgefüge behält, weil sie gleichsam „Ordnung“ aus der Umwelt entnimmt? Funktioniert sie nach statistisch-deterministischer Art?

Zwei Antworten auf diese Frage, die schon viele illustre Geister beschäftigt hat, sollen versucht werden. Stofflich ist die Ordnung der Zelle solange gewährleistet, wie ihre Steuerungsorgane, im Wesentlichen ihre Erbsubstanz, funktionieren. Die Frage nach dem Ordnungszustand der Zelle mit Milliarden von Atomen reduziert sich damit auf die Ordnung einiger weniger Moleküle des genetischen Apparates, die durch die Fähigkeit ausgezeichnet sind, das ihnen innewohnende Programm, ihren Informationsgehalt, der gesamten Zelle aufzuprägen. Es ist dies ein einmaliger Tatbestand, der ausschließlich in der lebenden Substanz vorkommt¹⁷, doch beantwortet diese Aussage nicht die Frage, wie denn nun in diesen wenigen Molekülen die erforderliche Ordnung hergestellt werde.

Ordnung im Sinne der statistischen Mechanik ist ein überaus unwahrscheinlicher Zustand; ohne daß der Grad der Unwahrscheinlichkeit, mit dem Ordnung entstehen und damit Leben ermöglichen kann, hier zahlenmäßig ausgerechnet werden soll, folgt es doch aus allen physikalischen Gesetzen, daß der Zustand der idealen Unordnung nur aufgehoben werden kann, wenn Energie zugeführt wird. Hier liegt also der zweite Versuch zur Beantwortung der eingangs gestellten Frage: Ordnung kann nur eingestellt und erhalten werden, und damit die fast beliebig große Unwahrscheinlichkeit der Existenz von Leben doch realisiert werden, wenn es Stoffwechsel gibt. Dieser führt in der Norm zu Energiegewinn; er bewirkt, daß der Tendenz zur Entstehung von Unordnung entgegengearbeitet und zugleich die nötige Reaktionsbereitschaft der Zellen gegenüber ihrer Umgebung erreicht werden kann¹⁸.

Wenn in dieser Betrachtung von dem Ordnungsbegriff ausgegangen wird, führt dessen physikalische Behandlung also gleichzeitig – und

12 Zur Problematik der Zellbiologie

unabhängig von jeder Ideologie – zur Begründung der Nötwendigkeit von Stoffwechsel, dem ureigensten Gebiet der biologischen Chemie. Halten wir fest, daß mit dieser Ableitung auf keiner ihrer Stufen die Gesetze der Physik und Chemie verlassen worden sind, daß also kein Anlaß besteht, bei der Behandlung der Ordnung in der Biologie andere Gesetze als die der Naturwissenschaft anzuwenden. Ich lasse die Frage offen, ob das zwischen Individuen gültige Mißtrauens- bzw. Vertrauensprinzip auch für die Ordnung in einer Zelle anwendbar ist; für die Zelle entscheidend ist das Sicherheitsmaß ihrer Ordnung, mit Begriffen wie Sicherheitsspanne, Mehrfachkontrolle usw. beschreibbar.

Zur Problematik der Zellbiologie

In Ergänzung und Konkretisierung der vorangehenden Ausführungen wenden wir uns jetzt einigen aktuellen Problemen fachlicher Natur zu. Sie betreffen die Biochemie der Zelle als der kleinsten, zu selbständigen Lebensäußerungen befähigten Einheit. Erinnern wir uns daran, daß seit der Aufstellung der Zellenlehre durch VIRCHOW¹⁹ vor 110 Jahren diese Lehre über alle Fortschritte der Naturwissenschaft ihre Richtigkeit und ihren grundlegenden Charakter bewahrt hat.

Zum Hierarchiebegriff

Über lange Zeit hinweg hat man zu wissen gemeint, daß der Zellkern das einzige genetische Steuerungszentrum der Zelle sei. Gelegentliche Hinweise auf cytoplasmatische Erbfaktoren sind über Jahrzehnte hinweg nicht akzeptiert worden²⁰. Ja, man ist auch heute geneigt, von einer durchaus hierarchischen Struktur der Zellfunktion zu sprechen, wobei die Herrschaft beim Zellkern liegen soll. Vielen scheint es beruhigend, daß es so sei, lehrt uns doch die tägliche Erfahrung, daß das Zell-Leben klappt, so daß man meint, eine prinzipiell hierarchische Situation in der Natur über Millionen von Jahren hinweg funktionstüchtig bewährt zu sehen. In der Tat läßt sich an der Zelle auch der moderne Begriff der Umfunktionierung ganz eindeutig beobachten: Es ist die Virusinfektion, die im Grunde nichts anderes bedeutet, als daß eine neue Programmkarte in die Zelle gelangt, das zelleigene genetische Programm verdrängt und nun in erstaunlich exakter zeitlicher Steuerung und unter Benutzung der vorgefundenen biochemischen Werkstatt der Zelle die Realisierung des Virus-

programms durchsetzt. Wieder scheint es vielen beruhigend zu sehen, wohin eine virusbedingte Umfunktionierung der Zelle führt: meist zum Zelltod, häufig genug zum Tod des Organismus.

In dieses Bild tritt jedoch ein Befund, der für den naturwissenschaftlichen Forschungsprozeß nicht uncharakteristisch ist: Über Jahrzehnte hinweg durch gelegentliche Hinweise vorbereitet, durch viele Arbeitsgruppen in geduldiger, jahrelanger Mühe untersucht, schält sich jetzt mit recht verlässlicher Sicherheit die Tatsache heraus, daß die Mitochondrien der Zelle, meist nur als Kraftwerkstationen verstanden, durchaus genetische Eigenständigkeit besitzen. Wie so häufig in der Biologie, waren es biochemische Arbeiten, hier die Reinisolierung und detaillierte Molekülbeschreibung der mitochondrialen Desoxyribonucleinsäure sowie die Auffindung eines kompletten Proteinsynthese-Apparates, die den Existenzbeweis einer außerhalb des Zellkerns gelegenen Erbfunktion ermöglicht haben.

Das Bild vom Zellkern als hierarchischem Element der Zelle wird damit entscheidend relativiert, aber nicht aufgehoben: Desoxyribonucleinsäure als Träger der Erbinformation hat in Mitochondrien eine nur beschränkte genetische Funktion. Die Beschränkung rührt daher, daß bei einer Moleküllänge von rund 5 Mikron ($1/10\,000$ Zentimeter) maximal 25 Polypeptidketten des Molekulargewichts zwischen 30 000 und 40 000 codiert werden können; man weiß, daß Mitochondrien sehr viel mehr Protein-Individuen enthalten, wie man auch weiß, daß eine Reihe von Enzymen der Mitochondrien außerhalb, d. h. unter Kontrolle des Zellkerns, synthetisiert werden.

Damit stellen sich einige grundlegende biologische Fragen, die man lange für geklärt gehalten hat, aufs neue, so die nach der Ausbildung eines Gleichgewichts zwischen zellkernbedingter und mitochondrial gesteuerter genetischer Funktion, die für den Laien z. B. an der Frage nach der vollen Identität eineiiger Zwillinge erkennbar wird: Die Gleichheit der Chromatinausstattung der Zellkerne wird relativiert durch die in einigen Arten bereits nachgewiesene Ungleichheit der Mitochondrien, die von der Mutter wie vom Vater stammen. Sie erkennen aus dem Voranstehenden, wie wenig Dogmen in der Naturwissenschaft bedeuten dürfen.

Zur Unbestimmtheitsrelation

Vielfältig ist es möglich, die genaue Menge eines Stoffes in einer Zelle oder in einem ihrer Strukturelemente mit befriedigender Genauigkeit anzugeben. So haben wir vor Jahren²¹ die Konzentration von Magnesium im Zellkern mit 0,5 Millimol pro Liter Zellkern-

Wasser bestimmt. Von den Substanzen, die erwiesenermaßen in vivo mit Magnesium reagieren, haben wir im Laufe der Jahre allein mehr als 15 Enzyme und mehr als 30 Zwischenprodukte des Stoffwechsels aufgefunden und analysiert. Für viele Fragen ist es nun entscheidend, zu wissen, wieviel Magnesium in einem gegebenen Zeitpunkt für die Reaktion mit einem der rund 50 magnesiumbindenden Zellkernbestandteile zur Verfügung steht²², denn eine einfache Rechnung zeigt, daß die vorhandene Magnesiummenge niemals ausreicht, alle Komponenten gleichzeitig und vollständig mit Magnesium zu sättigen.

In der lebenden Zelle stehen wir also vor der Situation, daß der vorhandene Magnesiumbestand offenbar laufend seinen exakten Standort unter den Substanzen des Zellkerns ändert, um je nach gegebener Stoffwechsellage eine optimale Funktion zu gewährleisten. Bestimmen wir solche Funktionen im Experiment, so kennen wir doch nicht den anteiligen Magnesiumgehalt, der hierfür zur Verfügung steht, sondern müssen uns mit Annahmen behelfen; bestimmen wir die Magnesiumkonzentration, so gewinnen wir nur einen Summenwert ohne die Möglichkeit der Feinlokalisierung der Magnesiumionen an eine bestimmte Substanz.

Dieser Umstand illustriert eine recht häufige Situation der Zellbiologie; es fragt sich, ob die offenbare Unmöglichkeit, Ort und Zeit gleichzeitig zu erfassen, ähnlich wie in der Physik prinzipieller Natur ist, oder ob sie nur auf derzeitigem Unvermögen beruht. Ich neige zu der Ansicht, daß die Zellbiologie die Grenze der Erkenntnismöglichkeiten zwar keineswegs erreicht hat, irgendwann aber mit Sicherheit auf sie stoßen wird.

Zum Strukturbegriff

Jegliche Struktur einer Zelle bedeutet im physikochemischen Sinne, daß wir es nicht mehr mit einem homogenen Lösungszustand des Zellinhalts, sondern durch Ausbildung von Membranen mit heterogenen Systemen der Stoffverteilung und des Stofftransports zu tun haben: Die physikalischen Phänomene der Diffusion sind bezüglich Geschwindigkeit, Richtung und endlicher Gleichgewichtslage verändert²³. Dieser Strukturbegriff hat primär nichts mit der Frage zu tun, ob eine solche Situation sichtbar ist oder nicht; die Grenzen der Sichtbarkeit sind durch die Fortschritte der Elektronenmikroskopie bis an den Größenbereich makromolekularer Substanzen herangerückt worden. Struktur im physikochemischen Sinne wird dagegen durch ihre Funktion erfaßt, existiert also z. B. immer dann, wenn

Grenzflächenphänomene meßbar sind, und hängt in ihrem Existenzbeweis nicht zwingend von ihrer Sichtbarmachung ab. Gleichwohl stellt sich, wenn ein funktioneller Strukturbeweis vorliegt, stets auch die Frage nach ihrem chemischen Aufbau und nach ihrem morphologischen Substrat.

Strukturausbildung und Strukturhaltung sind Ordnungsfaktoren der Zelle; wie oben abgeleitet, gibt es keine Ordnung ohne Stoffwechsel. Somit bedingen sich Struktur und Stoffwechsel, d. h. Form und Funktion, in der Zelle gegenseitig. Wir sehen z. B., daß in der Zelle Wirkstoff- und Hemmstoff-Systeme in räumlicher Trennung gehalten werden, daß intravitale Autolyse durch Separierung von Substrat und Enzym verhindert werden kann, oder daß zusammengehörige Reaktionsabläufe durch Strukturbindung in der „richtigen“ Reihenfolge und mit höherer Geschwindigkeit vonstatten gehen können²³.

Eines der Strukturelemente der Zelle, das uns in der Vergangenheit besonders intensiv beschäftigt hat, ist der Zellkern²⁴; künftige Bemühungen werden sich insbesondere auf den Nucleolus, das Kernkörperchen, richten. Lassen Sie mich aus unseren Befunden nur einen herausgreifen, der die Beziehung des Zellkerns zu seiner Umgebung betrifft. Man weiß seit längerem, daß der Zellkern besonders reich an Natrium, das wir alle im Kochsalz kennen, ist; gibt man einem Versuchstier radioaktives Natrium, so verteilt es sich im Blutsystem sehr rasch und tritt genau so schnell auch im Zellkern auf, offenbar ohne sich vorher in dem den Zellkern umgebenden Zellplasma auszubreiten. Demnach muß es zwischen dem Innern der Zelle, dem Zellkern, und dem umgebenden Säftesystem direkte Austauschmöglichkeiten geben; gerade laufen Versuche, die nahelegen, daß sich das Kalium prinzipiell anders verhält.

Diese Versuche mit Natrium sind in ihren Konsequenzen sehr tiefgreifend, denn sie besagen, daß der Zellkern offenbar über die Umgebung der Zellen direkte Informationen erhalten kann, ohne daß das Zellplasma daran beteiligt ist; eine Aussage, die von einer rein morphologischen Betrachtung der Zellkernstruktur her zunächst durchaus unerwartet ist. Wir sollten hieraus ablesen, daß selbst bei einem seit mehr als einem Jahrhundert bekannten Gebilde wie dem Zellkern ständige kritische Offenheit, Bereitschaft zum Umdenken, ja ein kontinuierlicher Lernprozeß vonnöten sind, wenn wir dem funktionellen Verständnis näherkommen wollen. Es scheint, daß Struktur und Funktion der Zelle in ihrer Wechselwirkung noch ganz grundlegende Rätsel enthalten, deren Lösung nicht zuletzt von einer prinzipiell undogmatischen Einstellung abhängt.

Zum Wissenschaftsbegriff

Wenn ich zum Schluß kommen darf, dann doch nicht ohne eine kurze Besinnung auf den Begriff der wissenschaftlichen Hochschule, die uns allen am Herzen liegt.

Das Tun des Wissenschaftlers verlangt absolute intellektuelle Freiheit; es gibt mancherlei Staatsformen, aber es gibt nur einen modus procedendi der Wissenschaft¹⁶. Ich zitiere ROBERT HAVEMANN²⁵: „Früher hat die Partei . . . geglaubt, sie könne sich von einer inneren Warte aus in Fragen der Wissenschaft einmischen und hat Urteile gefällt über wissenschaftliche Theorien auf dem Gebiet der Chemie, der Physik, über die Relativitätstheorie, über die Resonanztheorie von LINUS PAULING und andere, und geglaubt, man könnte vom Standpunkt des dialektischen Materialismus aus über die Richtigkeit, Wahrheit oder Unwahrheit dieser Theorien entscheiden. Gott sei Dank hat man eingesehen, daß man das nicht kann. Und sie hat für die Entwicklung in den sozialistischen Ländern eine große Bedeutung erlangt, diese Nichteinmischung in Fragen der Wissenschaft.“

Wie war es früher? Nach C. P. SNOW² war es merkwürdigerweise im Deutschland der dreißiger und vierziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts, also lange vor dem vollen Einsetzen der Industrialisierung, möglich, eine gute Universitätsausbildung in den angewandten Naturwissenschaften zu bekommen – eine bessere jedenfalls, als sie England und die USA in den beiden nächsten Generationen bieten konnten. Als Beleg wird u. a. der preußische Artillerieoffizier SIEMENS genannt. War es nur der Lerneifer der Studenten²⁶, der heute so nachgelassen haben soll? Ich meine, nein.

Lassen Sie mich eine amerikanische Stimme zitieren²⁷: „Unter den gegenwärtigen Umständen wendet sich die beste Jugend in beispiellosen Zahlen der Universität zu, um Bedeutungsvolles – Weisheit, wenn man so will – zu erfahren; Bedeutungsvolles, das früher von anderen Quellen gesucht oder angenommen wurde, die jetzt in den Augen der Studenten scheinbar schwach oder entwertet sind: Familie, Religion, Klasse, Nation. Die Erfahrung in der Universität ist vielfach die letzte Hoffnung, ein Verhältnis zur Umwelt zu finden, das nicht auf Feindschaft gegründet ist. Wenn die Universität diese Studenten enttäuscht, dann wird sie zu ihrem ersten Angriffsziel – nicht nur, weil sie verwundbar und am nächsten zur Hand ist, sondern weil sich die letzte Hoffnung als so enttäuschend erwiesen hat.“

Daß im Zentrum der Universität wissenschaftliche Forschung und Lehre und nicht der Vollzug staatlich-hoheitlicher Funktionen steht, bedarf keines Beweises²⁸. Hüten wir uns also, durch Ausklammerung

analytischen Denkens einen neuen Typ von Untertan zu schaffen. Forschung und Lehre leben nach eigenen Gesetzen und gewinnen Autorität nur durch die Überzeugungskraft ihrer selbst, nicht aus rechtlichem Geltungsanspruch. Freiheit der Forschung und Lehre verträgt keine rechtliche Hierarchie, sondern nur Kollegialität; hieran ist auch der Student im wissenschaftlichen Geben und Nehmen gleichermaßen beteiligt²⁸. Wer jedoch die Demokratie und das parlamentarische System als irgendwie gearteten Zauberschlüssel zur reinen Vernunft und zur Unfehlbarkeit versteht, hat sie gründlich mißverstanden und liefert sich mit seiner Vernunftgläubigkeit den Argumenten theokratisch oder charismatisch begründeter Staatslehren aus; am Ende bleibt eine abenteuerliche Romantik, die sich bisher allemal als Ideologie der Tyranis bewährt hat²⁸.

Lassen Sie mich noch einen meiner Vorfahren zitieren, der nach zeitweiliger Emigration nach Schweden und Rußland, Mitbegründer der Universität Bonn wurde, dort 20 Jahre Lehrverbot seiner Geschichtsprofessur hatte, bis er im Alter von 71 Jahren wiedereingesetzt, mit 72 Jahren Rektor, und mit 83 Jahren emeritiert wurde: ERNST MORITZ ARNDT schreibt 1805 im „Geist der Zeit“²⁹: Man spricht so in den Tag hinein mit Altweibereinfällen: Wer die letzten 20 Jahre gelebt hat, der hat für Jahrhunderte gelebt. Das ist nur eine Verwunderung über die Zeit, allenfalls auch Eitelkeit, bei vielen wohl auch das Gefühl des seltenen Unglücks, was diese Jahre bedeutend machte. Bei den meisten ist es eine selbstgefällige Eitelkeit. Sie meinen, es seien so ungeheure und große Dinge geschehen, sie haben in diesen beiden Dezennien so viele Lehren und Erfahrungen gehabt, als sonst nur Jahrhunderte hätten geben können. Den Blinden kann man das verzeihen, der Weise wird die Zeit nicht groß und edel nennen können . . .

Das Zeitalter ist auf der Flucht und führt seine bedeutenden Bilder in einem so schnellen Wechsel vorbei, die Zeitgenossen aber sind die Staunenden und Gaffenden, welche unbeweglich stehen . . . und nichts begreifen können.

Die Zeit ist auf der Flucht, die Klügeren wissen es lange. Ungeheure Dinge sind geschehen, große Verwandlungen hat die Welt still und laut, im leisen Schritt der Tage und in den Orkanen und Vulkanen der Revolutionen erlitten; Ungeheures wird geschehen, Größeres wird verwandelt werden . . .

. . . Die Schläger sind die Herren der Welt geworden . . .

Ich weiß, wohin man will . . . Mut heißt mir Ruhe und Besonnenheit im Leben, Verachtung des Schlechten mit Aufopferung, Wahrheit und Freiheit in Rede und Tat ohne den Rückblick auf Gold und Ruhm. Das sind andere Kämpfe und edlere als die unter Trommeln

und Pfeifen und vor Kanonenschlünden. Manche hat die Zeit sterben sehen, wie sie meinte, für edle Dinge, nicht ich . . . Was die Menschen in Freude und Lust für ihre Arbeit genießen könnten, was in schöner Freigiebigkeit an . . . Kunst und Wissenschaft reich verwandt werden könnte, . . . geht alles in die Kehlen der Soldaten und in den Schlund der Kanonen.“

Literaturverzeichnis

1. J. D. WATSON: The Double Helix, S. 40. Atheneum, New York 1968
2. C. P. SNOW: Die zwei Kulturen. Klett, Stuttgart 1967
3. D. HILBERT, zitiert nach W. R. Fuchs: Knauer's Buch der modernen Mathematik, S. 58. Droemer-Knauer, München 1966
4. M. PLANCK, zitiert nach Nr. 6
5. N. BOHR, zitiert nach Nr. 6
6. H. A. KREBS in Current Aspects of Biochemical Energetics (Hrsg. N. O. Kaplan u. E. P. Kennedy). S. 87 f. Academic Press, New York, London 1966
7. W. R. STAHL: J. theoret. Biol. 8, 371 (1965), zitiert in R. ROSEN: Recent Developments in the Theory of Control and Regulation of Cellular Processes. Int. Rev. Cytol. 23, 25-88 (1968)
8. T. B. A. P. VON HOHENHEIM: Vom Irrgang der Ärzte. Sämtl. Werke Abt. I (Hrsg. K. Sudhoff). 11, 172. Berlin 1922-1933
9. G. W. GECK: Die Stellung der Studenten in der Universität, S. 48 f. De Gruyter, Berlin 1968
10. M. BORN, zitiert nach Nr. 11
11. H. v. HENTIG: Im Sachverstand erstickt die Demokratie. Die Zeit Nr. 9, S. 42, Februar 1969
12. H. A. STAAB: Hie Natur-, da Geisteswissenschaften. Die Zeit Nr. 49, S. 20, Dezember 1968
13. K. ZWEIGERT: Vom Rechtsheiligen zum Sozialingenieur. Die Zeit Nr. 8, S. 56, Februar 1969
14. P. HEMMERICH: Wir sind die Hinterwelt. Die Zeit Nr. 1, S. 15, Januar 1969
15. F. v. SCHILLER: Brief an Christian Gottfried Körner aus Leipzig vom 7. Mai 1785. In Schillers Briefe (Hrsg. F. Jonas). Krit. Ges.-Ausg. 1, Nr. 132, S. 245-248. DVA, Stuttgart-Leipzig-Berlin-Wien 1947
16. H. MOHR: Aufgaben eines Wissenschaftlers. Mitt. Hochsch.-Vbd. 16, 205 ff., 1968. - Siehe dazu auch ders. in Stuttgarter Zeitung vom 11. Januar 1969
17. E. SCHROEDINGER: Was ist Leben? 2. Aufl., S. 95 ff., Lehnen, München 1951
18. K. LANG und O. F. RANKE: Stoffwechsel und Ernährung, S. 19 f. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1950

19. P. DIEPGEN: Geschichte der Medizin, 2. Aufl., **II**, Teil 1, S. 113 f. De Gruyter, Berlin 1959
20. R. P. WAGNER: Genetics and Phenogenetics of Mitochondria. Science (N. Y.), **163**, 1026–1031 (1969).
21. H. LANGENDORF, G. SIEBERT, I. LORENZ, R. HANNOVER und R. BEYER: Kationenverteilung in Zellkern und Cytoplasma der Rattenleber. Biochem. Z., **335**, 273–284 (1961)
22. K. KESSELRING und G. SIEBERT: Eigenschaften einer löslichen anorganischen Pyrophosphatase aus Rattenleber-Zellkernen. Hoppe-Seyler's Z. physiol. Chemie, **348**, 585–598 (1967)
23. G. SIEBERT: Biochemie der Zellstrukturen. Handb. allg. Pathologie (Hrsg. H.-W. ALTMANN, F. BÜCHNER, H. COTTIER, G. HOLLE, E. LETTERER, W. MASSHOFF, H. MEESSEN, F. ROULET, G. SEIFERT, G. SIEBERT, A. STUDER). **II**, Teil 5, 1–237. Springer, Berlin-Heidelberg 1968
24. G. SIEBERT: The Nucleus. In Comprehensive Biochemistry. (Hrsg. M. FLORKIN u. E. STOTZ). **23**, 1–37. Elsevier, Amsterdam 1968
25. R. HAVEMANN: Interview im Dänischen Fernsehen, abgedruckt in Dokument der Zeit, Frühjahr 1969
26. Time, Atlantic Edition: Can Hip Harvard Hold that Line? S. 50 f., 14. März 1969
27. H. v. BORCH, Südd. Zeitung, S. 105, 22./23. Februar 1969. Nach New York Review v. 30. Januar 1969
28. H. H. RUPP: Die Stellung der Studenten in der Universität, S. 6 ff., De Gruyter, Berlin 1968
29. E. M. ARNDT in Arndt's Werke, 6. Teil: Geist der Zeit, Teil I (Hrsg. W. STEFFENS), S. 55, 64 und 69. Deutsches Verlagshaus Bong, Berlin-Leipzig-Wien-Stuttgart (ohne Jahr)