

Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung in der wissenschaftlichen Forschung

Autor(en): **Fischer, Hans**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **142 (1962)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90538>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Möglichkeiten, Grenzen und Verantwortung in der wissenschaftlichen Forschung

Prof. Dr. med. HANS FISCHER,
Pharmakologisches Institut der Universität Zürich

Die Wissenschaft bildet einen mehr oder weniger getreuen Spiegel vom Denken einer Zeit. Deshalb wird sie, besonders in einer wissenschaftlich so aktiven Zeit wie der unsrigen, uns selbst und vielleicht noch deutlicher kommenden Generationen eine Vorstellung geben vom Welt- und Menschenbild, das sich Menschen unserer Zeit gemacht haben. Dabei wird als hervorstechendes Merkmal seine Wandlungsfähigkeit hervortreten, jedenfalls auf naturwissenschaftlichem Boden, und diese Wandlungsfähigkeit bildet schließlich nur einen Ausdruck für das ungeheuer rasche Fortschreiten der naturwissenschaftlichen Erkenntnis und ihrer technischen Anwendung. Wenn wir einen Vergleich ziehen mit früheren Jahrhunderten, die als besonders lebensvoll und entwicklungsbereit galten, wie das 16. Jahrhundert der Renaissance oder das 17. Jahrhundert des beginnenden Barocks, so können wir etwa erinnern an die Erforschung der Fallgesetze Galileis, die er vom Schiefen Turm von Pisa unternahm, und in einem weiteren Sinn an die von ihm begründete Mechanik. Oder wir denken an die Entdeckung der Gesetze des Planetenumlaufs durch Kepler, die denn freilich eine Revolution bedeuteten, weil sie die Erde aus dem Mittelpunkt der Welt entthronten und der Sonne ihr angestammtes Recht verliehen, Mittelpunkt und Herrscherin über die Planetenwelt, mit Einschluß der Erde, zu sein. Aber selbst diese umwälzende Entdeckung bot noch keinen Anlaß, die Naturwissenschaften so weit zu entwickeln, daß man von einem naturwissenschaftlichen Zeitalter hätte sprechen können. Vielleicht war das in der Zeit Newtons eher der Fall, noch mehr im 18. Jahrhundert, wo die gedankliche oder sagen wir die wissenschaftliche Bewältigung des Daseins im Sinne der Aufklärung jene Bande, welche den Menschen an den christlichen Schöpfungsglauben knüpften, in viel tiefgreifenderem Maße löste, als das in früheren Zeiten der Fall war.

Denn das muß doch als ein Zeichen und allgemeines Merkmal unserer Zeit betrachtet werden, daß durch die gewaltige Entwicklung der Naturwissenschaften und ihrer Anwendungen in der Technik der Glaube an die eigenständige, von allen religiösen Überlieferungen und Abhängigkeiten gelöste autochthone Wirksamkeit des Menschen gewachsen ist. Der einzelne Naturforscher wird heute je nach seiner Einstellung zum Problem Gott und Mensch der völligen Ablösung von allem

Religiösen – nicht nur im Hinblick auf seine Wissenschaft, wo diese Ablösung seit einem Jahrhundert ganz selbstverständlich geworden ist – zustimmen oder sie aus persönlicher Überzeugung ablehnen. Schöpfungsglaube der Genesis und Darwinsche Evolutionslehre sind auch heute noch in ein und demselben Menschen als Glaube und als Wissenschaft möglich.

Heute können wir von einer Gefahr der Übersteigerung der naturwissenschaftlichen Einsichten im Bewußtsein des Menschen insofern sprechen, als der Mensch als Schöpfer dieser Erkenntnisse sich völlig emanzipiert glaubt und der Beziehung zum Göttlichen keinen Raum mehr läßt. Doch habe ich nicht die Absicht, von diesen allerdings grundlegenden Verhältnissen der Orientierung des Menschen in der Welt zu sprechen, sondern zunächst von den Möglichkeiten wissenschaftlicher Forschung, wie sie uns heute gegeben sind.

Möglichkeiten der wissenschaftlichen Forschung

Wenn ich von den Möglichkeiten der wissenschaftlichen Forschung zu Ihnen sprechen darf, so kann ich nur bestätigen, was große Forscher unserer Tage schon wiederholt ausgesprochen haben: Die Möglichkeiten der wissenschaftlichen Forschung sind unendlich. Über den unendlichen Fortgang der Wissenschaft zu sprechen, wäre aber sinnlos. Auch werden wir von den Grenzen der Forschung noch zu sprechen haben. Es kann sich im folgenden zunächst nur um den Versuch handeln, gewisse besondere und für unsere Zeit charakteristische *Möglichkeiten wissenschaftlicher Forschung* und ihrer praktischen Resultate an einigen Beispielen aufzuzeigen, wobei ich die weitere Einschränkung machen muß, daß ich im wesentlichen nur über Möglichkeiten medizinisch-biologischer Forschung sprechen werde, jedenfalls über wissenschaftliche Erfahrungen und Entdeckungen, an welchen Medizin und Biologie irgendwie beteiligt sind.

Für den Menschen unserer Tage bildet wohl die *Ausdehnung der räumlichen Möglichkeiten*, welche moderne Naturwissenschaft, Medizin und Technik dem Menschen verschafft haben, die Eroberung des Welt- raumes, das eindrucklichste Phänomen der Zeit. Die Umfahrung der Erde in etwas mehr als einer Stunde durch den im schwerelosen Zustand mit rasender Geschwindigkeit transportierten Menschen bedeutet die Bewältigung eines physikalisch-technisch-medizinischen Problems, an dessen mögliche Verwirklichung vor 20 Jahren noch kaum jemand nur gedacht hätte. Eine geologische Exkursion nach dem Mond oder ein botanischer Ausflug nach dem Mars erscheint in absehbarer Zeit – jede Jules-Vernesche Phantasie überbietend – im Bereich realistischer Möglichkeiten zu liegen. – Die Eroberung des Raumes ging aber auch auf der Erde vor sich: Der Mensch ist in die tiefste Meerestiefe vorgedrungen – dies nicht zuletzt dank den wagemutigen Forschungen unseres Lands-

mannes Auguste Piccard und seines Sohnes mit dem «Bathyscaphe» benannten Tauchboot –, in Meerestiefen, die der Höhe des Mount Everest entsprechen, von dem auch erst der Mensch unserer Tage Besitz ergriffen hat. Mit der physiologischen Erforschung der Bedingungen, unter denen ein Mensch, der in geschlossenem Raum durch den Weltraum fliegt, der im Bathyskaph gegen den ungeheuren Wasserdruck der Meerestiefe geschützt werden muß, für den Aufstieg in Mount-Everest-Höhe, hat die Tiefen- und Höhenphysiologie zusammen mit der Kreislauf- und Ernährungsphysiologie die für das Überleben des Menschen unter so abnormen Bedingungen entscheidenden Voraussetzungen geschaffen. Nur das eine sei hervorgehoben: ohne Sauerstoffgerät gäbe es keinen glanzvollen Aufstieg zum Everest-Gipfel.

Wo sich der Mensch noch am wenigsten weit in den Raum vorgewagt hat, ist trotz großartiger Bergwerks- und Tunnelbauten der Gang in die Erdtiefe, dessen Realisierung wiederum große physiologische Probleme mit sich bringen würde.

Und nun stellen wir dem Makrokosmos der irdischen, lunaren und planetarischen Welt den Mikrokosmos der Atomwelt gegenüber. Die Erweiterung des Raumbildes nach der mikrophysikalischen Seite ist nicht minder großartig als die Eroberung des Weltraumes. Dank intensivster physikalischer Erforschung der Atomwelt und der durch Max Planck, Niels Bohr, Walter Heisenberg und andere geniale Physiker erkannten Gesetzmäßigkeiten der Atombewegungen ist uns das Verständnis für diese Erde und Weltall und alle belebten Wesen mit Einschluß des Menschen zusammensetzende, mit großen Energien begabte mikrophysikalische Welt erschlossen worden. Und nicht nur dies: Der Mensch ist in den Besitz der ungeheuren Kernkräfte gelangt und verwendet sie nach dem Maß seiner Verantwortung: zum Bösen in der Atombombe, zum Guten in nützlicher Energiegewinnung.

Noch eine andere Mikrowelt hat sich uns in den letzten 20 Jahren eröffnet: die Welt, die uns das Elektronenmikroskop erschlossen hat, was uns ermöglicht, bei 200 000facher Vergrößerung Dinge zu sehen, welche in Biologie und Medizin eine neue Dimension bedeuten und im Bereich des Lebendigen größte Bedeutung erlangt haben. Das Elektronenmikroskop hat unser Verständnis für biologische Grundstrukturen und -vorgänge und die Einsicht in die überraschende Gleichartigkeit der strukturellen Zusammensetzung alles Lebendigen bei Pflanze und bei Tier ungeahnt erweitert. Auch dies bedeutet Raumgewinn für das Auge, bedeutet Vergrößerung des Abbildungsmaßstabes der sichtbaren Welt um das Hunderttausendfache.

Damit sind nur einige besonders eindruckliche Beispiele einer Erweiterung der räumlichen Möglichkeiten der menschlichen Existenz gegeben.

Die Beispiele könnten durch den enormen Geschwindigkeitszuwachs vermehrt werden, der heute durch Einführung von Auto und Flugzeug fast jedem Menschen zuteil geworden ist. Und nicht zu ver-

gessen – was uns in die Sphäre der weltweiten räumlichen Verbreitung wissenschaftlicher Mitteilung hineinführt – Radio und Fernsehen. Alles das sind naturwissenschaftlich-technische Schöpfungen unseres 20. Jahrhunderts, die wir unter dem Begriff der Eroberung des Raumes zusammenfassen können.

Wenden wir uns für einen Augenblick der Heilkunde zu, so liegt die offensichtlichste Erweiterung therapeutischer Möglichkeiten in der Entdeckung von Stoffen, mit deren Hilfe ansteckende Infektionskrankheiten in einem früher ganz unbekanntem Ausmaß zur Heilung gebracht werden können, mit Einschluß der als Volksseuche auch bei uns stark verbreitet gewesenen Tuberkulose. Sulfonamide und Antibiotika haben hiezu Hervorragendes geleistet. Nicht so glücklich waren bisher die Versuche, auf chemisch-pharmakologischem Weg den Krebs und schwere Blutkrankheiten, speziell aus dem Kreise der sogenannten Leukämien, zur Heilung zu bringen, wenn auch gewisse Erfolge auf diesem Gebiet und demjenigen der Strahlentherapie erreicht worden sind.

Und nicht weniger segensreich erwiesen sich in jüngster Zeit die Erfolge der Immunotherapie, wovon das glänzendste Beispiel die prophylaktische Immunbehandlung der Kinderlähmung darstellt.

Die Chirurgie, kräftig unterstützt durch die Entwicklung der Anästhesiologie, vermochte die Möglichkeiten ihrer Interventionen gewaltig zu steigern, angefangen mit der in unserem Land besonders geförderten Lungenchirurgie und Gehirnochirurgie. Inzwischen wurde die Herzchirurgie zu einem brennenden therapeutischen Problem, vor allem zur Korrektur angeborener Herzfehler, die, unbehandelt, in vielen Fällen schwerste körperliche Behinderung und frühen Tod verhiessen. Vielen kann heute dank zielbewußter und intensiver experimenteller Vorarbeit, zu der Eingriffe am Tier unbedingt notwendig waren und sind, geholfen werden, so daß Lebenstätigkeit und Lebenserwartung dieser schwer Herzgeschädigten in vielen Fällen weitgehend normalisiert werden können.

Wir haben damit das Bild einiger neuer therapeutischer Möglichkeiten in Erinnerung gerufen, die in der Medizin im Verlaufe weniger Jahrzehnte verwirklicht wurden und uns als Resultate bedeutender und für das Leben des Menschen glücklicher Forschung entgegengetreten sind.

Was ist nun das eigentliche Fazit dieser weitreichenden Forschung auf chemischem, pharmakologischem und klinischem Gebiet? Da scheint mir folgendes den Sinn dieser umfassenden wissenschaftlichen Bemühungen zu bilden:

An die Seite der Eroberung des Raumes tritt die *Eroberung der Zeit, der menschlichen Lebenszeit*, die als mittlere Lebensaussicht kürzlich für den Amerikaner der Vereinigten Staaten auf 70 Jahre berechnet wurde. Das Geschenk der Medizin an den heutigen Menschen bildet die in der ganzen Periode menschlichen Lebens auf der Erde wohl noch nie erreichte *Steigerung der Lebensdauer*. Ist es ein Geschenk? Ist es ein Danaergeschenk? Die zukünftige Entwicklung der Menschheit, ihrer

Gesundheit und Kraft wird darüber entscheiden, ob diese erstaunliche Lebensverlängerung einen Sinn hat. Darüber wird die vielleicht schon sehr nahe Zukunft entscheiden: denn es kommt alles darauf an, was der Mensch mit seinem verlängerten Leben macht.

Wir dürfen nicht verschweigen, daß mit solchen Lebenserwartungen noch längst nicht überall in allen Kontinenten gerechnet werden kann.

Viel eindrücklicher noch in den Folgen ist der Einfluß der modernen Chemotherapie auf das Überleben des Kindes: Durch die antibiotische und chemotherapeutische Therapie, die Ausrottung von Seuchenquellen, wie der Malaria, und die Verbesserung der Ernährungsbedingungen ist die allgemeine Kindersterblichkeit gewaltig zurückgegangen, so daß wir auf der ganzen Erde mit einer viel größeren Überlebensrate des Neugeborenen und Kleinkindes rechnen müssen als bisher.

Damit taucht aber ein neues Menschheitsproblem auf: die bange Frage drohender Übervölkerung der Erde. Und wieder tritt die Wissenschaft auf den Plan, um dem im Verhältnis zur Erde als begrenztem Lebensort zu raschen Anwachsen des Menschenstromes Einhalt zu gebieten. Wir stehen damit einem Problem gegenüber, das heute schon viele Wissenschaftler ernstlich beschäftigt: Wie kann der Bevölkerungszuwachs auf der Erde, der in voraussehbarer Zeit, vielleicht noch in diesem oder im nächsten Jahrhundert, zur Übervölkerung der Erde führt, auf menschenwürdige und unschädliche Weise in tragbare Bahnen gelenkt werden?

Daß es sich um ein dringendes Problem handelt, ergibt sich aus wenigen Zahlen: 1920 wurde die zweite Milliarde menschlicher Erdbewohner erreicht. Für 1975 sind 4 Milliarden zu erwarten. Für eine Verdoppelung der Menschenzahl genügen jetzt schon 35 Jahre, so daß im Jahr 2010 die Erde 8 Millionen Menschen zu ernähren hätte.

Wem verdanken wir diese bedrohliche Perspektive? Doch in erster Linie Medizin, Hygiene und Naturwissenschaften, welchen es gelungen ist, die meisten Seuchen und – noch nicht überall – den Hunger auszurotten. Bleibt von den früheren drei wichtigsten Regulatoren der Populationsgröße der Erde nur der Krieg. An diese Perspektive als Bevölkerungsregulator im Atomzeitalter zu denken, verbietet uns die sichere Aussicht auf eine Erdkatastrophe unwahrscheinlichen Ausmaßes.

Was haben wir daraus für Schlußfolgerungen zu ziehen? Ist es nun so, daß die räumliche und zeitliche Erweiterung der Lebensverhältnisse des Menschen, die er auf Grund wissenschaftlicher Forschung in erstaunlich kurzer Zeit erreicht hat, nicht ungestraft erfolgt? Ist der Mensch so sehr aus seinen angestammten, erdnahen Lebensbezügen, aus seinem irdischen Gleichgewicht herausgetreten, daß er als scheinbar autochthoner Herrscher und Beherrscher von Raum und Zeit, als der tief in die Natur und ihre Gesetzmäßigkeiten sich versenkende Mensch von ihr als unerwünschter Eindringling in seine Schranken zurückgewiesen wird? Was geschieht bei dieser unwahrscheinlichen Vermehrungsfähigkeit des Menschen, wenn ihn Tier und Pflanze nicht mehr

in genügendem Maß zu ernähren vermögen? Eine Frage, auf die wir vorläufig keine Antwort zu geben wissen.

Die Menschheit steht vor der Aufgabe, durch nüchterne Überlegung und unter strenger wissenschaftlicher Führung ihre eigene Evolution und Geburtenkontrolle zu steuern.

Besteht hier eine Möglichkeit, oder sind den gangbaren Möglichkeiten wissenschaftlicher Lösung des Problems der Übervölkerung der Erde Grenzen gesetzt, die, weil sie menschliche Freiheit berühren, nicht überschritten werden dürfen? Gibt uns vielleicht die moderne Genetik eine Antwort darauf?

Von den Grenzen der wissenschaftlichen Forschung

Die Genetik, die Vererbungswissenschaft, hat uns in diesem Jahrhundert in Biologie und Medizin eine fundamentale Erweiterung unseres Naturverständnisses gebracht. Es ist insbesondere die zelluläre, chromosomale Genetik, die, auf ursprünglich Mendelschen Vererbungsgesetzen aufbauend, seit 1900 erst allmählich und dann in fast explosiver Entwicklung uns die Geheimnisse der Vererbung eröffnet hat. Die sich daraus ergebenden Erkenntnisse sind faszinierend, noch mehr die Art, wie man zu ihrer Lösung gekommen ist, wozu ein riesiger Aufwand an disziplinierter, experimenteller und gleichzeitig mathematisch orientierter Forschung notwendig war. Standen im Anfang die morphologisch-strukturellen Probleme seit den grundlegenden Forschungen Theodor Boveris und die topische Chromosomen- und Genforschung im Vordergrund, so hat sich das Bild in den letzten 10 bis 15 Jahren insofern gewandelt und erweitert, als es – und nicht zuletzt in Zürich – zu einem raffinierten biochemischen Problem entwickelt worden ist, dessen Ausbaumöglichkeiten der stürmischen Entwicklung der Biochemie und Biophysik und ihren Methoden in erster Linie zu verdanken sind.

In welcher Weise diese Probleme in jüngster Zeit vorangetrieben wurden, geht auf die fundamentale Erkenntnis zurück, daß bestimmte hochmolekulare Nukleinsäuren den wesentlichsten Bestand der Chromosomen ausmachen und daß diesen Molekülen die Direktive überlassen wird in der Entscheidung, welche genetisch gesteuerten Erbmerkmale auf die nächste Generation übertragen werden sollen. Dies möchte ich Ihnen kurz zu erläutern versuchen.

Das Mendelsche Gen ist ein in seiner Eiweißstruktur genau festgelegtes Molekül aus *Desoxyribonukleinsäure*, welche in Form zweier ineinanderlaufender Spiralen räumlich gekennzeichnet ist.

Die Desoxyribonukleinsäure bildet nun bei Pflanze und Tier als wichtigster chromosomaler Träger der Gene wahrscheinlich das Vehikel der genetischen Information, das heißt einer Orientierung, welche dafür sorgt, daß die Erbmerkmale von der einen auf die nächste Generation exakt übertragen werden. Diese genetische Information liegt nach der

jüngsten Forschung in der Reihenfolge der Purin- und Pyrimidinbasen des genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäuremoleküls. Diese Basen stellen, wie die Buchstaben des Alphabets einer Sprache oder wie die Chiffren eines Code, eine variable Reihe dar, welche unendlich viele verschiedene genetische Informationen enthalten kann. Die Reihenfolge dieser Purin- und Pyrimidinbasen wird in den Tochtermolekülen der genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäure, die zuerst Halbmoleküle sind und zu Ganzmolekülen «auswachsen», aufs genaueste eingehalten, so daß, wenn eine genetische Information in der Reihenfolge der vier Basen, die wir mit den Anfangsbuchstaben ihrer Namen (Adenin, Cytosin, Guanin und Thymin), mit A, C, G, T bezeichnen, enthalten war, sie unverändert in das neugebildete Tochtermolekül übertragen wird.

Das nächste Glied im Schema genetischer Information bildet ein Polypeptid, ein aus etwa 20 Aminosäuren zusammengesetzter Eiweißstoff. Der Weg vom Gen zum Merkmal der Tochtergeneration geht also über eine *Polypeptidkette*, welche wiederum dem steuernden Einfluß der Desoxyribonukleinsäure untersteht.

Bei der Synthese dieser Polypeptidkette oder dieses Eiweißstoffes wird jede aktivierte Aminosäure an eine niedrigmolekulare spezifische Ribonukleinsäure angehängt. Diese mit Aminosäuren beladenen Ribonukleinsäuren werden dann auf die Oberfläche submikroskopisch kleiner Plasmartikel, sogenannter Mikrosomen, übertragen. Die Mikrosomenoberfläche wirkt dann als Matrize, indem sie in bestimmter Reihenfolge die verschiedenen Ribonukleinsäuren und die daran hängenden Aminosäuren in bestimmter Weise zu Polypeptidketten ordnet. Es ist nun noch festzustellen, wie die Übertragung der genetischen Information von der Desoxyribonukleinsäure auf die Oberfläche der Mikrosomen erfolgt. Überträger der Erbinformation bildet eine weitere Ribonukleinsäure mit hohem Molekulargewicht, die von ihrem Bildungsort auf die Mikrosomenoberfläche übergeht. Sie ist für die Ordnung der kleinen Ribonukleinsäuren mit ihren Aminosäureresten nach der von der Desoxyribonukleinsäure erhaltenen genetischen Information verantwortlich. Sie wird als Messenger-RNA, als Boten-Ribonukleinsäure, bezeichnet, welche die von der Desoxyribonukleinsäure ausgegebene Botschaft oder Instruktion an die Mikrosomen weitergibt. Es ergibt sich also die Informationsreihe:

DNS → Messenger-RNA → Mikrosomenoberfläche
Polypeptidkette → Merkmal

wobei die dem Körper der neuen Generation aufbauenden Proteine, die Polypeptidketten, ebenfalls unter dem dirigierenden Einfluß der Desoxyribonukleinsäure stehen und zu Trägern der in der Tochtergeneration sich bildenden Merkmale werden.

Dieser vielfach noch hypothetische Einblick in das innerste Geschehen der biochemischen und biophysikalischen Vorgänge, die sich bei der genetischen Reproduktion von Lebewesen abspielen, ist ebenso überraschend wie verblüffend in der scheinbaren Einfachheit des Einzel-

vorganges. Die Entdeckung eines biogenetischen Alphabetes oder Codes der am Aufbau der genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäuren beteiligten Pyrimidin- und Purinbasen stellt eine hervorragende, um nicht zu sagen geniale Leistung moderner Naturwissenschaft dar.

Wir stehen damit unübersehbaren neuen Möglichkeiten genetischer Forschung und Mutationsbildung gegenüber. Ihr Erkenntniswert ist gewaltig; Erkenntnismöglichkeiten subtilster Art sind weit in ein Neuland vorgeschoben, das als Forschungsgebiet praktisch grenzenlos zu sein scheint und doch irgendwie begrenzt ist, weil Leben nur raum-zeitlich begrenzt möglich ist.

Und nun, wo wir scheinbar alle Teile in der Hand halten und die Bedingungen zur Übertragung von Erbmerkmalen von einer Generation auf die andere grundsätzlich zu kennen glauben, bleibt uns das *Wie* des ganzen wunderbaren Geschehens trotzdem nicht weniger rätselhaft als vorher, indem wir trotz dieser neuen Erkenntnisse – um es möglichst scharf zu formulieren – nicht den geringsten Anhaltspunkt einer Erklärung dafür finden, wie durch ein gesetzmäßiges, irgendwie exakt faßbares Zusammenwirken von Nukleinsäuren, Aminosäuren und Eiweißstoffen etwas *zum genetischen Merkmal*, zu einer körperlichen oder psychischen Eigenschaft des lebendigen, eben erst entstandenen neuen Organismus wird.

Denn es wird kaum jemand in der Lage sein, jemals die Frage zu beantworten, warum die genetisch aktive Desoxyribonukleinsäure sich anders verhält als eine Desoxyribonukleinsäure sozusagen gewöhnlicher Art. Da bleibt ein Rätsel zurück, da bleibt *das Lebensrätsel* unvermindert bestehen.

Wir könnten, um aus diesem Grunddilemma herauszukommen, uns vielleicht fragen, was für der Desoxyribonukleinsäure übergeordnete Kräfte und Funktionen eingreifen müßten, damit aus einer gewöhnlichen Desoxyribonukleinsäure eine genetisch aktive Desoxyribonukleinsäure wird. Das können wohl nur Kräfte und Funktionen sein, die irgendwie mit dem Organismus als Ganzem zu tun haben, die wir aber mindestens vorläufig nicht kennen.

Da scheint also eine Transzendenz vorzuliegen, die offenbar nicht überschritten werden kann, zwischen der feststellbaren Informationsgebung der Desoxyribonukleinsäure und einer übergeordneten, dem lebendigen Organismus und *nur* diesem zur Verfügung stehenden Instanz, welche der genetisch aktiven Desoxyribonukleinsäure ermöglicht, bestimmte Informationen von einer Generation an die nächste weiterzugeben.

Wie gelangen wir hier weiter?

Durch den von NIELS BOHR geschaffenen Begriff der Komplementarität und seine Anwendung auf den Lebensvorgang ist zwar eine Lösung des Problems nicht gegeben, aber wenigstens ein Bezugssystem zwischen

Physik (Chemie) und Leben eingeführt, das sich in der Physik als (gedanklich) fruchtbar erwiesen hat. BOHR nimmt an, daß materiell-physikalische Vorgänge und Lebensvorgänge zueinander komplementär sind, ähnlich wie in der Quantenmechanik Ort und Geschwindigkeit. Das bedeutet aber, daß auch die genaueste Kenntnis und Festlegung materieller (physikalischer oder chemischer) Vorgänge und die Einsicht in Lebensvorgänge mit Einbezug der psychischen sich gegenseitig ausschließen. Daraus würde hervorgehen, daß die Irrationalität, *die grundsätzliche Nichteinsehbarkeit in dem Verhältnis zwischen Physik (Chemie) und Leben bestehen* bliebe, auch wenn es uns gelänge, die physikalisch-chemische Erkenntnis des Einzelvorganges bis in die nächste Nähe dessen, was wir Leben nennen, heranzutragen, wie das im Falle der biochemischen Genanalyse zuzutreffen scheint.

Mit dem Begriff der Komplementarität ist etwas Bedeutendes und irgendwie Gesetzmäßiges, Konstitutives in den Beziehungen zwischen Physik und Leben ausgedrückt, gleichzeitig aber auf die scheinbar oder wirklich unübersteigbare Grenze hingewiesen, die zwischen Physik und Leben liegt.

Hier befinden wir uns an einer grundsätzlichen Grenze wissenschaftlicher Einsehbarkeit, die dem Menschen zu überschreiten auf Grund seiner spezifischen psychophysischen Konstitution nicht möglich oder vielleicht nicht erlaubt ist.

Sind wir mit diesen Problemen bis an die äußersten Grenzen der Möglichkeiten wissenschaftlicher Einsehbarkeit gelangt, so wollen wir zum Abschluß noch ein Wort davon sagen, was wir unter der Verantwortung der Wissenschaft verstehen.

Über die Verantwortung der wissenschaftlichen Forschung

Wir haben eingangs festgestellt: Wissenschaftliche Forschung ist unendlich. Und doch gibt es, wie wir eben sahen, Grenzen der Forschung, die wahrscheinlich nicht überschritten werden können. Es gibt aber Begrenzungen der wissenschaftlichen Forschung noch ganz anderer Art: Grenzen der Wissenschaft, die nicht überschritten werden dürfen, weil wir sonst mit der Ethik in Konflikt kommen. Das ist am deutlichsten erkennbar dort, wo wir es mit dem Menschen (und dem Tier) als Forschungsobjekt zu tun haben: in den medizinischen Wissenschaften.

In der Medizin bildet für den ärztlich Tätigen der hippokratische Eid die Grenze seines ärztlichen Tuns durch die Verpflichtung, dem ihm anvertrauten Kranken keinesfalls zu schaden oder ihn gar zu töten.

Wir denken vielleicht zunächst: Eine humanere Medizin als die heutige gibt es nicht. Verfügte je eine Zeit über so zahlreiche und verschiedenartig wirkende Schmerz- und Schlafmittel wie wir? In sonderbarem Kontrast dazu stehen die Erfahrungen unserer Tage über den Mißbrauch von Schmerz-, Beruhigungs- und Schlafmitteln, an dem

weder die industrielle Propaganda noch manchmal der Arzt schuldlos sind, steht die furchtbare Thalidomid-Katastrophe mit den durch ein Schlafmittel ausgelösten pränatalen Verstümmelungen, wenn die Mutter in einer frühen Phase der Schwangerschaft dieses Mittel eingenommen hatte: embryonale Schädigungen schwerster Art.

Ich möchte auf Gefahren anderer Art hinweisen, auf Gefahren, die vor allem in der medizinischen Diagnostik eine nicht ganz kleine Rolle spielen, wo man sich manchmal fragen muß, ob die Anwendung gewisser diagnostischer Hilfsmittel mit dem hippokratischen Eid noch vereinbar ist. Ich meine die Gefahren einer zu weit getriebenen technisierten Medizin.

Man darf bei aller Anerkennung der notwendigerweise methodisch-technisch ausgebauten Medizin wohl sagen: Je technischer die Medizin ist, um so inhumaner ist ihr Aspekt. Der Mensch wird in früher unvorstellbarer Weise in den apparativen Mechanismus der medizinischen Wissenschaft einbezogen. Das Apparative dringt in den Menschen ein, nicht mehr nur als die in so vieler Hinsicht segensreichen Röntgenstrahlen, als Tiefenstrahlung des Betatrons, als Kobalt- oder Zäsiumstrahlung, als Radium und radioaktive Isotopen. Oder, um ein Beispiel aus der Pharmakologie zu liefern: als Intubationsnarkose unter Curarisierung, wodurch die ganze muskuläre Tätigkeit der Bewegungsmuskulatur mit Einschluß der Atmung stillgelegt wird, so daß die zum Leben notwendige Sauerstoffzufuhr nur künstlich aufrechterhalten werden kann.

Ich denke auch an den Herzkatheterismus und an die direkte Herzpunktion, die glücklicherweise vielerorts als zu gefährlich wieder aufgegeben wurde. Der Herzkatheterismus hat zweifellos berechtigte diagnostische Indikationen, vor allem für die exakte funktionelle Diagnose von angeborenen Herzfehlern vor Herzoperationen. Es ist aber zu weit gegangen, wenn man diese Untersuchungsmethode als harmlos bezeichnet und sie als diagnostische Methode auch dort anwendet, wo sie nicht unbedingt notwendig ist. Ferner: man macht einen künstlichen Kreislauf bei Herzoperationen, man verwendet eine künstliche Niere bei akutem Nierenversagen, man macht – wieder pharmakologische Methoden – eine künstliche Unterkühlung (Hibernation mit Largactil u. a.), man macht präoperativ eine dosierte Blutdrucksenkung. Man macht sogenannte Biopsien, d. h., man holt kleine Organstücke aus dem Menschen heraus, auch von Organen, wie der Niere, die solche Eingriffe nicht besonders gut ertragen.

Man mißverstehe mich nicht: Alle diese Dinge, wie zum Beispiel auch die eiserne Lunge, sind im Einzelfall notwendig und nicht selten lebenserhaltend und liegen darum vollständig auf der Linie ärztlicher Hilfe. Aber dies alles hat nicht selten den Aspekt des «zu weit», hat das Gesicht des Inhumanen. Es braucht nicht inhuman zu sein, besonders wenn dadurch Menschenleben gerettet werden können.

Aber irgendwie haben solche diagnostisch oder therapeutisch notwendige oder für notwendig gehaltene Verfahren gefühlsmäßig etwas

Erschreckendes, weil der Respekt vor dem Menschen berührt oder in Mitleidenschaft gezogen wird, weil Gefahr besteht, daß unter dem Eindruck so weitgehender Ausschaltung von lebenswichtigen Funktionen der Arzt zu der Auffassung gelangen könnte, der Mensch bestehe nur aus einem Bündel von Funktionen.

Wer die Integrität des menschlichen Individuums mißachtet, wer die Ehrfurcht vor dem Menschen verloren hat und ihn nur als einen Gegenstand angewandter Biologie betrachtet, wird die Menschheit ins Unglück führen, weil das wirklich Menschliche zu kurz kommt.

Daß der Mensch im tiefsten Sinn Mensch sein soll, muß dem hippokratisch denkenden Arzt immer bewußt bleiben. Hüten wir uns, dem Menschenversuch in der Klinik Einlaß zu gewähren, selbst wenn er mit aller gebotenen Vorsicht durchgeführt wird. Dieses nur noch Objektsein des Menschen für den Arzt führt zur Menschenentwertung, der Arzt gewöhnt sich daran und findet es schließlich selbstverständlich.

Jede Wissenschaft, die mit dem Menschen zu tun hat, ob geistes- oder naturwissenschaftlich orientiert, ruft ethischen Problemen. Das «*primum nihil nocere*» ist je und je ein oberstes Gebot ärztlichen Wirkens, auch dort beispielsweise, wo neue Stoffe, die als heilbringend betrachtet werden, eingeführt werden sollen. Hinter der Gabe jedes neuen Medikamentes und jedes neuen operativen Eingriffs steht die Verantwortung des Arztes im Sinne des hippokratischen Eides. In Konflikt mit den Grundsätzen der ärztlichen Ethik kann auch derjenige Arzt gelangen, der dort, wo es nicht notwendig ist, dem Kranken Stoffe verabreicht, die wir heute gemeinhin als Psychopharmaka bezeichnen und von denen wir wissen, daß sie den affektiven Zustand des Kranken ändern. Das mag in der Hand des erfahrenen Psychiaters eine Wohltat bedeuten, es mag eine Beihilfe des vielbeschäftigten Arztes sein, vor allem, weil es bequemer ist, eine Tablette zu verabreichen, als sich mit dem psychophysischen Zustand des Patienten auseinanderzusetzen.

Die Verabreichung eines solchen Mittels, etwa eines sogenannten Tranquilizers, wird dann nur die bequeme Maßnahme eines vielbeschäftigten Arztes sein, der den lästigen, des psychischen und physischen Rates bedürftigen, Heilung suchenden Kranken möglichst rasch los sein möchte, um den nächsten Patienten «verarzten» zu können. Kräftig unterstützt wird der so handelnde Arzt durch die in letzter Zeit geradezu unanständige und unwürdige Art der Reklame von Großfirmen, welche solche Mittel herstellen und vertreiben. Bei dieser Massenerstellung von Arzneimitteln wird ja nicht mehr nach dem Bedürfnis gefragt, sondern es werden *unnötige und schädliche Bedürfnisse geschaffen*, die beim Verbraucher zur Sucht und zu anderen Schädigungen führen können.

Wenn wir diesen Gedanken verallgemeinern, können wir auch sagen: Die Verbesserung der äußeren Stellung des Menschen durch Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnis, zum Beispiel in der Konzeption des Wohlfahrtsstaates, «Fortschritt» komme schon allein durch

Verbreitung und Anwendung wissenschaftlicher Methoden, ohne feste Begründung und Verpflichtung der menschlichen Gesellschaft auf ethische Grundsätze, bildet eine gefährliche Täuschung, die heute in hellen und dunklen Kontinenten verbreitet ist und zurzeit bei den entwicklungs-fähigen Völkern besonders deutlich in Erscheinung tritt, im Grunde aber nur die Nachahmung europäischer Vorbilder bedeutet.

Wenn dann durch politischen Druck eine Konformität über bestimmte wissenschaftliche Theorien erzwungen wird, wie das im Reich Hitlers der Fall war und heute andernorts noch der Fall ist, ist es Pflicht des verantwortungsbewußten Wissenschaftlers, solchem erzwungenen Konformismus entgegenzutreten, nicht nur weil die Grundsätze der Wissenschaft mißachtet werden, sondern weil er ein ehrlicher Mensch ist.

Daß es in unserer Zeit der gewaltigen Entwicklung naturwissen-schaftlicher Erkenntnis auch zu politisch gefärbten Entwicklungen in der Wissenschaft kam, mag zum Teil durch die unerhörte politische Unruhe und Gewalttätigkeit unseres Jahrhunderts begründet sein. Deshalb kommt in unserem hastigen, oft übersteigerten Wissenschafts-betrieb etwas in der Regel zu kurz:

das Nachdenken.

Man kommt nicht mehr zur Ruhe und begnügt sich mit der Interpretation seiner Versuchsprotokolle, weil sich der zu verarbeitende Stoff, das Zahlenmaterial, die Kurven ins Ungemessene häufen. Man verwendet – sicher mit Recht – Rechenmaschinen und läßt sich die Resultate in fertigen Kurven durch Apparate aufschreiben. Das sind alles sehr nützliche und notwendige Hilfsmittel der Forschung.

Aber wie steht es mit der geistigen Verarbeitung, mit dem Bemühen um eine Synthese, was ich denn schon als Philosophie im naturwissen-schaftlichen Sinn bezeichnen möchte.

Der Zürcher Physiologe und Nobelpreisträger W.R.HESS hat ein gutes Beispiel einer synthetischen Forschung durch seine zusammenfassenden Darstellungen bestimmter Funktionen des Zentralnerven-systems gegeben und damit auch den modernen Weg gezeigt, wie man dem Mangel an Philosophie in der naturwissenschaftlichen Forschung entgeht. Wobei ich unter Philosophie nicht eine bestimmte Philosophie, etwa eine idealistische oder eine pragmatische, verstehe, sondern einfach die Fähigkeit, ein größeres Gebiet naturwissenschaftlicher Forschung zu überblicken und vor allem, es in seiner integrativen Bedeutung und Mannigfaltigkeit zu erkennen und in Worten deutlich zu machen.

Und nicht nur dies: So sehr Wissenschaft aus kleinen, begrenzten Anfängen herauswächst und manchmal zum stolzen Gebäude wird, wenn jemandem das hohe Glück beschert wurde, durch vollen Einsatz neue fruchtbare Wege zur wissenschaftlichen Erkenntnis zu finden, so sehr ist es auch für denjenigen, welcher in seinem kleinen Kreis der

eigenen Forschung verharret, notwendig, von Zeit zu Zeit den Blick auf die fernen Berge und den Himmel zu erheben, damit er erkennt, wo Sinn, Umfang und Maß wissenschaftlicher Erforschung liegen.

Was vielen heute fehlt, ist die Zeit und die Fähigkeit und Disziplin zum Nachdenken, nicht nur über die eigenen, kleinen, sondern über die großen Probleme, die in Vergangenheit und Gegenwart die wahren Pfeiler menschlicher Erkenntniserweiterung, das heißt eben der Wissenschaft, bilden.

Zur Entschuldigung kann gesagt werden, daß es für den angehenden und den jungen Forscher heute bei der im Bereich der Naturwissenschaften und Medizin so außerordentlich weit spezialisierten Forschung nicht leicht ist, sich in dem unübersehbaren Angebot von wissenschaftlichen Detailarbeiten, das selbst für den auf einem Spezialgebiet Tätigen nicht mehr überblickbar ist, zurechtzufinden.

Die Gefahren, welche vor allem den jungen biologisch-medizinischen Forscher bedrohen, liegen in der Unendlichkeit der wissenschaftlichen Fragestellungen und ihrer für eine Zeit möglichen oder unmöglichen Lösungen, liegen in der Vieldeutigkeit experimenteller (speziell tierexperimenteller) Antworten und Reaktionen, liegen in der Unvollkommenheit jeder Versuchsanlage und in der durch sie bedingten Simplifizierung der vitalen biologischen Verhältnisse, in den zum biologischen Objekt inadäquaten Fragestellungen und inadäquaten Versuchen, liegen in der oft notwendigen Schematisierung und in der Gefahr zu weit gehender Schlußfolgerungen.

Der junge Forscher braucht Führung. Diese darf nicht nur spezialistisch sein, sondern sie muß dem jungen Forscher diejenige Horizontenerweiterung vermitteln, deren er bedarf, um den Sinn der wissenschaftlichen Arbeit auf kleinem Umfang als einen Beitrag zu verstehen, der seinen Platz im größeren Kreis einnehmen darf. Das Beste, was wir als verantwortliche Forscher für die Jungen tun können, ist, sie mit Stipendien in die Welt hinauszuschicken, damit sie ihren Horizont beizeiten erweitern können.

Aber dies unter einer Voraussetzung: daß die Jungen zum Forschen das Zeug haben, daß sie über logisches und kritisches Denken, über Kombinationsgabe, Phantasie, Begeisterung und vor allem Ausdauer verfügen, und daß ihr Wahrheitswille in Beobachtung, Überlegung, Schlußfolgerung unbestechlich ist. Sie müssen beizeiten zu der Erkenntnis gelangen, daß die ideellen Ziele wissenschaftlicher Forschung sich mit den Möglichkeiten tatsächlicher Forschung wegen der in der Natur des Forschers und der Forschungsobjekte liegenden Grenzen der Einsehbarkeit nie völlig decken können, und trotzdem die Begeisterung und den Mut haben, der harten Forderung des Tages zu genügen.

Für den akademischen Lehrer aber gehört die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses zu den dringendsten und schönsten Aufgaben der Wissenschaftsförderung innerhalb der Möglichkeiten, Grenzen und der Verantwortung der Wissenschaft.