

Freiburger Universitätsreden

Veröffentlichungen der Albert-Ludwigs-Universität
und der Wissenschaftlichen Gesellschaft in Freiburg

Neue Folge · Heft 41

HELMUT BAITSCH

Über die genetische Variabilität
und die genetische
Zukunft des Menschen

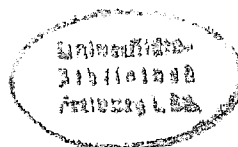
Freiburg im Breisgau 1966

HANS FERDINAND SCHULZ VERLAG

700 D. 1-7.16

Freiburger Rektoratsrede, gehalten am 7. Mai 1966

3
800
12
14



Copyright by Hans Ferdinand Schulz Verlag, Freiburg i. Br., 1966
Printed in Germany
Universitätsdruckerei Poppen & Ortmann, Freiburg i. Br.

B. 1966. 1. 14

Eine Eizelle der Frau enthält 23 Chromosomen, diese 23 Chromosomen enthalten etwa 3×10^{-12} g Desoxyribonukleinsäure (DNS). Die Menge DNS der 23 Chromosomen einer Samenzelle des Mannes wiegt ebenfalls etwa 3×10^{-12} g. Die von einer Spermazelle befruchtete Eizelle des Menschen hat 46 Chromosomen; diese Chromosomen bestehen hauptsächlich aus DNS, etwa 6×10^{-12} g DNS; dies sind 6 Billionstel Gramm DNS. Die befruchtete Eizelle nennen wir Zygote; der Lebensweg des Menschen beginnt mit der Bildung dieser Zygote.

Etwa drei Milliarden Menschen leben zur Zeit auf dieser Erde. Würden wir die DNS-Menge von drei Milliarden Zygoten zusammenrechnen, dann würde diese Menge noch weit weniger sein als ein Gramm. Erst die Menge DNS, die in etwa 170 Milliarden Zygoten enthalten ist, wiegt ein Gramm. Dies ist weniger als der Rauminhalt eines Fingerhutes. Aus 170 Milliarden Zygoten könnten sich 170 Milliarden Menschen entwickeln; bisher haben aller Wahrscheinlichkeit nach auf der Erde überhaupt noch nicht so viele Menschen gelebt. In den letzten 10 000—12 000 Jahren waren es nach neueren Schätzungen insgesamt weniger als 35 Milliarden.

Was ist nun diese DNS der Chromosomen, von der wir bislang sprechen und über die wir derart verwirrende Berechnungen angestellt haben? Wir wissen mit hinreichender Sicherheit, daß die DNS, eine komplizierte organische Verbindung aus einem Zuckermolekül, organischen Basen und Phosphorsäure, das genetische Material darstellt: Mit dieser DNS ist die genetische Information fast aller Lebewesen, auch die genetische Information des Menschen verschlüsselt; man kann auch populär sagen, die Erbanlagen bestehen aus DNS.

Eizelle und Samenzelle enthalten in ihren jeweils 23 Chromosomen jene genetische Information, die entscheidend dafür verantwortlich ist, daß sich aus der befruchteten Eizelle ein neues

Lebewesen zu entwickeln vermag. Fast immer wird bei diesem Entwicklungsgang von der Zygote zum fertigen Menschen der artspezifische Bauplan eingehalten; dieser *grundsätzliche* Bauplan ist schon seit Jahrzehntausenden oder Jahrhunderttausenden für die Spezies Mensch beibehalten worden. Er ist im genetischen Informationsbestand offenbar recht gut stabilisiert und die Entwicklungsgänge, die von diesen genetischen Informationen gesteuert werden, laufen im Regelfall auch weitgehend stereotyp ab.

Und doch ist der Mensch nicht uniform; schauen wir uns um: Wir alle haben es wohl vorhin getan, als wir diesen Saal betreten haben. Wir haben, mehr oder minder unbewußt, die Mitmenschen um uns herum angeschaut; wir haben Freunde und Bekannte gesehen, wir haben uns an ein Gesicht, an eine Statur, eine Geste erinnert; mehrfach haben wir jenen uns fast trivial erscheinenden Akt des Erkennens und Identifizierens von Personen vollzogen.

Auch wenn wir uns keine Gedanken machen über das Phänomen der Mannigfaltigkeit, der Variabilität, so akzeptieren wir sie doch als ganz selbstverständliche Voraussetzung dieses Identifizierens: Wir rechnen schon gar nicht damit, daß es zwei Menschen geben könnte, die in ihrem Aussehen völlig miteinander übereinstimmen. Mit einiger Übung glauben wir sogar eineiige Zwillinge, die ja in ihren Erbanlagen völlig identisch sind, voneinander unterscheiden zu können. Wir sehen andererseits Ähnlichkeiten zwischen blutsverwandten Personen.

Wir können sogar so weit gehen, aus Ähnlichkeiten mit einiger Sicherheit auf Blutsverwandtschaft rückzuschließen. Ganz selbstverständlich erscheint uns die Rechtfertigung dieses Tuns: deutliche Ähnlichkeiten zwischen zwei Menschen in der Statur, in der Kopf- und Gesichtsform, in der Augenfarbe und der Irisstruktur, in der Feinmorphologie des Gesichtsreliefs, im feineren Musterbild des Tastleistensystems auf der Handinnenfläche und auf den Fingerbeeren, aber auch Ähnlichkeiten in bestimmten Merkmalen des Charakters, des Temperaments — alle diese Ähnlichkeiten, so argumentieren wir, können doch nur dadurch zustande gekommen sein, daß verwandte Menschen bestimmte Erbanlagen gemeinsam haben — oder wie man heute etwa formuliert: sie zeigen Übereinstimmungen hinsichtlich bestimmter genetischer Informationen. Wir haben genügend experimentelle Belege für diese Argumentation; sie sollen jetzt hier nicht im einzelnen genannt werden.

Wir sprachen bislang hauptsächlich von der augenfälligen, uns allen geläufigen morphologischen Variabilität, der Formen-Vielfalt des Menschen. Und es schien uns richtig zu sagen, daß diese morphologische Variabilität genetisch bedingt sei; daß die große morphologische Vielfalt nur möglich sei durch eine analoge, ihr übergeordnete Variabilität der genetischen Informationen, die die Entwicklung der Morphe, der Gestalt, steuern. Und da die genetische Information von einer Generation auf die andere übertragen wird durch die je 23 Chromosomen in der Eizelle der Mutter und der Samenzelle des Vaters, muß wohl in der DNS der Zygoten, der befruchteten Eizellen, schon die genetische Grundlage dieser Variabilität verschlüsselt sein. Die unendlich scheinende morphologische Vielfalt der ganzen Menschheit wäre sonach (wenn wir allein einmal nur die genetische Information der Zygote, der befruchteten Eizelle, aus der jeder Mensch entsteht, ansehen wollen) — sie wäre zu verschlüsseln in jener winzigen Menge von DNS, die in einem Fingerhut leicht Platz finden könnte.

Aber nicht allein nur die äußeren Formmerkmale des Menschen zeigen Variabilität. Sie alle wissen von der Variabilität des Blutes, jenes besonderen Saftes; jedermann weiß von der Blutgruppenvariabilität. Sie alle kennen das schon seit Jahrzehnten bekannte ABO-Blutgruppen-System, und Sie wissen, daß man etwa die Blutgruppe O oder A oder B, auch etwa die Blutgruppe AB haben kann. Inzwischen gibt es mehrere weitere derartige Systeme, etwa das recht komplizierte Rhesus-System. Die Zahl der Varianten und Kombinationen ist in diesem System weitaus größer als bei den ABO-Blutgruppen; in anderen Blutgruppensystemen ist die Variabilität anscheinend etwas weniger groß. Allen diesen Systemen ist gemeinsam, daß die Variabilität genetisch determiniert ist. Ohne allzu große Schwierigkeiten können heute 10—20 verschiedene Systeme genetisch determinierter Blutgruppen an einem einzelnen Menschen getestet werden.

Untersucht man nun mit spezifischen Testmethoden eine menschliche Blutprobe auf mehrere solche Systeme, dann gelangt man schnell zu dem fast nicht mehr überraschenden Ergebnis, daß nur wenige Menschen ein völlig übereinstimmendes Blutgruppenmuster haben können. Kombiniert man etwa die häufigsten Varianten in unserer Population, dann bekommt man unter Berücksichtigung von 10 Systemen das folgende Muster: 0 MNS. k Fy(a+) CcD. ee

$C^w - Hp2-1 \ Gc1-1 \ Gm(-1, -2, 11) \ Inv(-1) \ Ch_1 \ UU$; es tritt bei 400 Menschen jeweils nur einmal auf, obwohl dieses Muster ja die Kombination der jeweils häufigsten Merkmale darstellt. Kombiniert man aber nun einmal jeweils sehr seltene Varianten der gleichen Systeme, dann kommt man sofort zu astronomischen Ziffern: so hat etwa die Kombination $A_2B \ NS. \ K \ Fy(a-) \ CCD.EE \ C^w - Hp1-1 \ Gc2-2 \ Gm(1, -2, -11) \ Inv(1) \ Ch_1SS$ eine geradezu beängstigend geringe Häufigkeit in der Größenordnung von 1×10^{-20} .

Ein anderes Beispiel vermag die biochemisch-genetische Variabilität des Menschen noch eindrucksvoller zu belegen: Sie wissen alle, daß es sehr große Schwierigkeiten bereitet, bestimmte Gewebe von einem Menschen auf einen anderen zu übertragen und dieses überpflanzte Gewebe ohne Komplikation über längere Zeit am Leben zu erhalten. Fast bei allen differenzierteren Gewebearten kommt es zu Unverträglichkeitsreaktionen, das überpflanzte Gewebestück wird vom Empfängerorganismus als fremd erkannt und nicht akzeptiert. Solche Gewebsübertragungen gelingen im Regelfall deshalb nur dann, wenn Spender und Empfänger eineiige Zwillinge sind, wenn also die Spender- und Empfängerzellen in ihrem Eiweißmuster vollständig übereinstimmen. Diese vollständige Übereinstimmung des Proteinmusters ist aber nur dann möglich, wenn auch die genetischen Informationen bei Spender und Empfänger identisch sind; dies ist nur bei eineiigen Zwillingen der Fall. Schon die Gewebetransplantation zwischen Eltern und Kindern gelingt dagegen nicht mehr; das Muster der genetischen Information und damit auch das individualtypische Eiweißmuster stimmen bei Spender und Empfänger nicht mehr überein.

Lange Zeit hat man geglaubt, die biochemische Variabilität etwa der Blutgruppen und Serumgruppen sei für den Menschen nicht von wesentlicher Bedeutung; man nahm an, diese Variabilität sei selektionsneutral, sie sei gewissermaßen wie eine zufällige Verzierung zu werten. Heute wird nun mehr und mehr eine Auffassung diskutiert, wie sie etwa der Genetiker *Dobzhansky* formuliert hat. „Die Gene, welche die äußere Erscheinung, Physis, Intelligenz, Temperament, spezielle Fähigkeiten bedingen — die Gene also, die die Menschen zu merkbar verschiedenen Personen machen, zu wirklich einmaligen und nicht wiederholbaren Individuen — diese Gene können in menschlichen Populationen in balanciertem Zustand erhalten bleiben; die Balance, das heißt die Aufrechterhaltung der Variabili-

tät, wird dabei bewirkt entweder über eine Bevorzugung der heterozygoten Individuen oder über jenen besonderen Typus der sogenannten diversifizierenden Auslese, nach der für die verschiedenen Varianten jeweils besonders passende Umwelten zur Verfügung stehen.“ Beide Balancemechanismen dürften auch und gerade die Steuerung der oben genannten biochemischen Variabilität bewirken.

Betrachten wir ein besonders vereinfachtes Modell der Auslese: Es ist etwa denkbar, und die Ergebnisse mannigfacher Untersuchungen deuten unmittelbar dahin, daß die Träger bestimmter Blutgruppen unter bestimmten Umweltbedingungen bestimmte Vorteile haben, unter anderen Bedingungen dagegen Nachteile; für den Träger einer anderen Blutgruppenvariante können die Vorteile und Nachteile gerade umgekehrt sein oder überhaupt ganz andere Selektionsbedingungen unter gleichen oder veränderten Umweltbedingungen herrschen; derart kann sich eine die Variabilität aufrechterhaltende Balance der Häufigkeiten dieser Varianten einspielen. Die Umwelten können sich im Zeitablauf ändern, mit und ohne den Einfluß des Menschen; zu der Umwelt müssen wir dann auch jeweils die eigene genetische Umwelt des betrachteten Gens oder des Genverbandes rechnen. Von der äußeren Umwelt wären etwa die Infektionskrankheiten zu nennen, die sicher eine große Rolle gespielt haben bei der Balancierung der Blutgruppenvariabilität; vielleicht hat die moderne Medizin mit ihren großartigen Erfolgen gerade in der Bekämpfung der Infektionserreger die Balance der Blutgruppen mit veränderten Genhäufigkeiten immer wieder neu eingepegelt und den Selektionswert der verschiedenen Gene verändert — zugleich wurde damit auch wieder die genetische Umwelt für andere Gene variiert.

Was hier für die Blutgruppen angedeutet wird, dürfte wohl für viele andere, wenn nicht die meisten Eigenschaften und die ihnen zuzuordnenden Gene des Menschen gegolten haben und immer noch gelten. Gerade bei der Betrachtung dieser Polymorphismen und der für sie verantwortlichen Balancemechanismen müssen wir uns also mehr denn je an den Gedanken gewöhnen, daß die Mutation einer genetischen Information, also eines mehr oder minder großen Gens, nicht immer eindeutig mit einem positiven oder mit einem negativen Vorzeichen versehen werden kann. Solche Veränderungen der genetischen Information und die von ihnen determinierten Merkmale können für das Individuum schädlich oder nütz-

lich sein, sie können neutral sein, jeweils in Abhängigkeit von der Umwelt, in der die betreffenden Menschen leben oder in denen diese Merkmale sich auszuwirken haben. Je variabler aber die Umwelt ist, in der eine Population lebt, um so größer ist die Chance, daß bestimmte Mutanten in irgendeiner Partialumwelt sich doch noch als nützlich erweisen, während das gleiche Gen in einer anderen Umwelt schädlich oder neutral sein kann. Wenn sich nun bestimmte Varianten dank ihrer spezifischen genetischen Konstitution in spezifisch günstigen Umwelten gewissermaßen ansammeln und noch dazu bei großer Mobilität innerhalb der Population eine Paarungssiebung erfolgt, dann nennt man diesen Prozeß nach *Dobzhansky* „diversifizierende Auslese“. Vor allem scheinen die polygen bedingten Merkmale diesem Selektionsprozeß unterworfen zu sein; man wird hierher wohl die Intelligenz und das Lernvermögen rechnen müssen.

Die Spezies Mensch hat nun mit ihrer Kultur sehr viele Umwelten geschaffen und diese Umwelten sehr fein und zugleich weit aufgefächert differenziert. Möglicherweise ist nun die diversifizierende Auslese über diese Umwelten ein sehr wichtiger Mechanismus gewesen und ist es heute noch, die genetische Variabilität der Spezies Mensch zu vergrößern, und diese Variabilität hat ihrerseits sicher entscheidend dazu beigetragen, die Differenzierung der Umwelt im Ablauf der kulturellen Evolution weiterzutreiben.

Diese Interdependenz, die vorwärtstreibend gegenseitige Abhängigkeit der beiden Mechanismen, populationsgenetischer Prozeß und kulturelle Evolution, erscheint auf den ersten Blick frappierend klar und einleuchtend. Indessen: wir sind erst am Beginn der Arbeiten, die uns dem Verständnis solcher Balancemechanismen näherbringen. Alle bislang vorliegenden, wenn auch sicher noch sehr kärglichen Ergebnisse lassen eines aber doch schon klar erkennen: Erst das konkrete Wissen um derartige Mechanismen würde uns die Möglichkeit geben, die gegenwärtige genetische Situation der Menschheit so zu beurteilen, daß verbindlichere Prognosen für die genetische Zukunft der Menschheit gewagt werden können. Hier liegen vielleicht auf weite Sicht die großartigsten Aspekte für eine Zusammenarbeit zwischen Humangenetikern, Soziologen, Psychologen und Politologen.

Das Fehlen eines abgerundeten Bestandes an verlässlichen Daten über die Mechanismen der menschlichen Evolution vermag uns in-

dessen nicht die Sorge zu nehmen, die sich der Genetiker fortwährend angesichts bestimmter Mutationen machen muß. Es ist ganz unzweifelhaft, daß es neben den adaptiv ambivalenten Mutanten auch solche Mutationen gibt, die für den Träger immer oder regelmäßig zu Krankheit oder zu Mißbildung führen. Da es zum Wesen der genetischen Information gehört, daß sie mutieren kann, und da alle Mutationen ungerichtet sind, wird es schon immer, seit es Leben auf dieser Erde gibt, auch solche Mutationen gegeben haben, die für das Individuum ganz vorzugsweise und in jedem Fall schädlich sind. Es gehört zu unserem gesicherten Wissen, daß auch heute noch unsere Gene fortwährend mutieren und daß unter diesen Mutationen sicher ein nicht geringer Anteil zu dieser Kategorie schädlicher Mutanten gehört.

Es gibt eine Fülle solcher Normabweichungen. Sie reichen von schwerster Entwicklungsstörung, die wir als Letalfaktor auffassen müssen, bis hin zur physischen, psychischen oder sozialen Fehlanpassung am Rande der jeweils gültigen biologischen und sozialen Normen. Die Menschheit schleppt offensichtlich eine nicht geringe Zahl solcher Mutanten mit sich fort. Wir sprechen von der genetischen Last der Menschheit.

Viele Genetiker haben sich seit *Darwin*, also jetzt schon seit über 100 Jahren, mit der Problematik befaßt, wie man diese genetische Last verkleinern könne. Eingreifende Vorschläge sind formuliert worden; bittere und böse Erfahrungen mußten wir alle machen, als solche Vorschläge in die Tat umgesetzt wurden. Erst heute aber werden wir uns klar, wie groß diese genetische Last der Menschheit überhaupt ist:

Die bislang vorliegenden Schätzungen unterscheiden sich nicht erheblich voneinander. Die Mutationsrate, das ist die Häufigkeit der Mutationen bezogen auf die Genhäufigkeit, dürfte in der Größenordnung von 10^{-5} pro Gen pro Generation liegen. Das heißt, eine Geschlechtszelle unter 100 000 führt eine neu entstandene Mutante eines jeden Gens in jeder Generation. Nimmt man für eine Zygote des Menschen 40 000 Gene an, dann würden überschläglich gerechnet etwa 40 % aller Zygoten eine neu entstandene Mutation tragen. Da wir nun auch noch von unseren Eltern und Vorfahren solche Mutationen geerbt haben, erscheinen die Schätzwerte für das Ausmaß unserer genetischen Last recht erschreckend: unter der Annahme, daß ein größerer Teil dieser Mutanten eher schädlich als nützlich ist,

muß man nach der theoretischen Erwartung sowohl als auch nach den Ergebnissen kluger Durchrechnung experimenteller Daten annehmen, daß jeder Mensch mehrere mutierte Gene mit sich trägt; diese Mutationen würden sich dann als schädlich erweisen, wenn sie in doppelter Dosis auftreten, wenn sie also nicht mehr durch ein intaktes alleles Gen kompensiert werden würden.

Einige wenige Zahlen sollen die Größe der genetischen Last zusätzlich noch verdeutlichen: so ist etwa die Häufigkeit des Gens für die schwere Stoffwechselkrankheit Phenylketonurie in einer Größenordnung zu schätzen, daß möglicherweise ein Mensch unter 50 Träger eines solchen Genes ist. Besitzt man nur ein derartiges Gen, dann erscheint man phänotypisch gesund, hat man zwei solcher Gene, dann ist man in schwerem Maße krank. Für andere Stoffwechselanomalien müssen ähnliche, zumindest nicht ungewöhnlich abweichende Größenordnungen angenommen werden. Denken wir zum Beispiel an die Galaktosämie, ebenfalls eine schwere genetisch determinierte Stoffwechselerkrankung; hier liegt die Häufigkeit der Heterozygoten, die also ein mutiertes Gen in einfacher Dosis tragen, in der Größenordnung von 1:120. Andere Anomalien sind ganz wesentlich häufiger; denken wir an den Diabetes, der ja sicherlich zu einem guten Teil auch durch genetische Faktoren bedingt ist, oder an die zystische Pankreasfibrose; Hunderte von Krankheiten ließen sich aufzählen, für deren Entstehen genetische Faktoren mitverantwortlich sind. Berücksichtigen wir noch, daß die Häufigkeit grober Chromosomen-Mutationen möglicherweise in einer Größenordnung von 1:150 liegt — bezogen auf Neugeborene —, dann ersehen wir aus all diesen Daten, daß die oben angegebenen Schätzwerte durchaus realistisch sind: wir müssen offensichtlich damit rechnen, daß es kaum einen Menschen gibt, der frei ist von einer solchen genetischen Last; die früher übliche und wenig schön klassifizierende Einteilung der Menschen in Erbkrankte und Erbgesunde müssen wir sonach verwerfen. Wir müßten sagen, wenn wir diese Begriffe beibehalten wollten (wofür ich nicht plädiere), daß wir alle „erbkrank“ sind.

Angesichts dieser Größe unserer genetischen Last ist die Frage nach der genetischen Zukunft der Spezies Mensch auch schon gestellt. Die Frage kann ganz lapidar zunächst einmal so lauten, ob denn die Menschheit mit dieser Last noch fertig werden kann, ob wir nicht eines Tages an dieser Last zugrunde gehen werden.

Eine Vielzahl weiterer, differenzierterer Fragen schließt sich an. Wir können uns ganz zu Beginn etwa schon Gedanken darüber machen, ob wir überhaupt diesen Blick in eine vielleicht ferne Zukunft tun sollen. Zweifel können uns hier überkommen: sollen wir uns nicht als Naturwissenschaftler darauf beschränken zu erforschen, wie die Welt um uns herum *ist*, und sollten wir nicht darauf verzichten zu fragen, wie sie *sein könnte* oder *sein sollte*? Aber neue Zweifel melden sich gleich, wenn wir so argumentieren: sind wir nicht alle mitverantwortlich für das Schicksal unserer Mitmenschen, für das Heute genauso wie für das Morgen, sind wir nicht verantwortlich auch für das Schicksal unserer Enkel genauso wie für das Schicksal unserer Kinder? Ist nicht vielleicht gerade dieses Verantwortungsgefühl für den Mitmenschen ein für unsere bisherige Evolution außerordentlich wichtiges Merkmal gewesen, ohne das man sich das Funktionieren auch einfachster sozialer Strukturen überhaupt nicht vorstellen kann? Und ist dies heute nicht erst recht der Fall? Denken wir doch an das ganz naheliegende Beispiel, an unsere eigene Universität: Wir könnten ohne das verantwortungsbewußte Handeln vieler Einzelmenschen, ohne dieses Verantwortungsbewußtsein gegenüber der Gruppe, gar nicht existieren; um am Beispiel der Universität zu bleiben: die Verwaltung, der technische Dienst in den Kollegiengebäuden, Instituten und Kliniken, die Frauen in den Kanzleien, beim Reinigungsdienst, in den Küchen und in den Labors, die Schwestern und Pfleger in den Kliniken, die Assistenten und Ärzte, Lehrer und Schüler, die Dekane und wohl auch der Rektor: kaum jemand unter uns wird seine Arbeit anders sehen können als unter der letztendlich wohl auch in unserem genetisch determinierten Bauplan verankerten Fähigkeit, Verantwortung zu fühlen für unsere Mitmenschen. Wir glauben uns, wenn wir zu diesem Ergebnis unseres Nachdenkens kommen, geradezu verpflichtet, die Frage nach der genetischen Zukunft des Menschen zu stellen. Wir wollen dabei nicht nur fragen, sondern auch Stellung beziehen.

Wir können fragen: hat die genetische Last die Tendenz, sich zu vergrößern, und wird sie eines Tages so groß sein, daß die Menschheit den genetischen Tod erleiden wird? Dies ist ein möglicher Ansatzpunkt der Frage, wie er von den Anthropologen, Sozialdarwinisten und Eugenikern seit Darwin immer wieder formuliert worden ist: die Forderung, durch ausmerzende Maßnahmen die

genetische Last zu verkleinern, erschien als eine ganz konsequente Forderung. Es steht außer Zweifel, daß fortwährend neue Mutationen erfolgen, so daß allein schon über den Mutationsdruck höchstwahrscheinlich stets neue Lasten auf uns zukommen; möglicherweise vergrößert sich dieser Druck noch fortwährend dadurch, daß wir uns mehr und mehr bestimmten mutationsauslösenden Strahlenquellen aussetzen und daß wir mutationsauslösende Chemikalien zu uns nehmen, etwa als Arzneimittel. Wir wissen zugleich aber heute, daß auch bei Anwendung rigorosen Zwanges diese genetische Last nicht mehr von uns weggenommen werden kann. Nicht einmal die fortschreitende Vergrößerung dieser Last können wir durch ausmerzende Maßnahmen verhindern. Die Zunahme der Last wird sich bestenfalls bremsen lassen. Wohl zu allen Zeiten war diese Bremse wirksam; sehr viele Menschen haben sicher ganz instinktiv, andere wieder ganz bewußt ihr generatives Verhalten kontrolliert in Abhängigkeit von der Erkenntnis, Träger offensichtlich schädlicher Mutationen zu sein.

Man kann auch den Ansatz der Frage anders wählen, und diese Art zu fragen ist vielleicht die wichtigere: wohl das bedeutsamste Artmerkmal des Menschen ist die im weitesten Sinne genetisch bedingte Fähigkeit, Kultur zu entwickeln; Kultur und Zivilisation haben neue und stets wechselnde Umwelten geschaffen; die Kultur hat nun die Umwelten keineswegs stabilisiert und vereinheitlicht; im Gegenteil: Alles spricht dafür, daß die Geschwindigkeit der Umweltveränderungen im Laufe und im Gefolge der kulturellen Evolution zugenommen hat und daß sie weiter noch zunimmt. Trifft dies zu, dann besteht die notwendige und ausreichende Bedingung für den genetischen Wandel im Vorhandensein genetischer Varianten, von denen manche besser, andere weniger gut an die sich wandelnde Umwelt angepaßt sind. Entscheidend für unsere Anpassungsfähigkeiten an die von uns ständig neu geschaffenen Umwelten ist nun, wieviel genetische Varianz in menschlichen Populationen verfügbar ist. Dies aber ist die Frage, die wir uns stellen wollen.

Eine generelle Antwort auf diese Frage wird es wohl nicht geben; vielleicht ist auch die Antwort, wie wir sie für das Heute zu geben haben, morgen nicht mehr richtig. Wenn wir nun heute gelegentlich dazu neigen, die Frage zu verneinen, wenn wir also glauben feststellen zu müssen, die genetische Variabilität der Spezies Mensch

reiche nicht mehr aus, mit diesen von uns selbst geschaffenen Umwelten fertig zu werden, dann bedeutet dies kein resignierendes Todesurteil für uns.

Eine der für uns bedrohlichsten und radikalsten Änderungen der menschlichen Umwelt ist allerdings wohl dadurch gegeben, daß es immer mehr Menschen gibt. Gegenwärtig werden jährlich über 100 Millionen Kinder geboren, während nur halb so viele Menschen sterben. Der Mensch ist nicht fruchtbarer geworden, als er war. In Wirklichkeit dehnen sich manche Populationen heute bei abnehmender Geburtenhäufigkeit aus. Die Bevölkerungen wachsen, weil die menschliche genetische Konstitution den Ursprung und die Evolution von Kultur möglich gemacht hat, jener Kultur, die sich als ein adaptives Instrument erwies, das den Menschen zu einem immer längeren Leben befähigte. Ich folge hier und auch in den folgenden Sätzen wieder *Dobzhansky*; man muß ihm zustimmen, wenn er sagt: „Es bedarf keiner prophetischen Gabe, um vorauszusehen, daß, sofern die Menschheit sich nicht selbst durch einen totalen Atomkrieg oder eine ähnliche Wahnsinnstat vernichtet, das Problem des Bevölkerungszuwachses in höchstens einem Jahrhundert und wahrscheinlich schon früher alles andere überschatten wird. Die Dringlichkeit dieser Aufgabe übertrifft die Kontrolle der Anhäufung schädigender mutanter Gene und des angeblichen Aussetzens der natürlichen Auslese.“

Angesichts dieser Problematik treten auch die marktschreierischen Utopien, man müsse eine genetisch manipuliert einheitliche Menschheit konstruieren, ganz in den Hintergrund; der Ruf nach einem neuen Menschen wurde vor wenigen Jahren laut, er ist noch nicht wieder verstummt; das Gespenst geht um, die moderne Biologie schaffe demnächst den Retortenmenschen, der Einheitsmensch trete an die Stelle der Vielfalt in unserer heutigen Menschheit; der genetisch manipulierte und somit qualitativ und quantitativ kontrollierbare Einheitsmensch der Zukunft ersetze den unvollkommenen Menschen des Heute; der neue Mensch habe nur vorteilhafte Anlagen, er sei besser als der nur partiell anpassungsfähige bisherige Mensch, der noch dazu eine schwere genetische Last tragen müsse. All dies sind Utopien: wir haben in der Humangenetik trotz aller Fortschritte gerade der letzten Jahre noch nicht den allergeringsten Ansatzpunkt dafür, gezielte positive Mutationen zu erzeugen; wir kennen nicht einmal die Lokalisation der Gene auf den Chromo-

somen, geschweige denn, daß wir überhaupt in der Lage wären, den für unsere menschliche Existenz wichtigsten Merkmalen eindeutig bestimmte Gene zuzuordnen. Und wenn wir dies alles wüßten, dann fehlte uns noch immer und wohl noch für lange Zeit die unmittelbare Möglichkeit des gezielten Zugriffes an eine jeweils ganz bestimmte Stelle der genetischen Information. Aber auch wenn wir dies versuchten: wer entläßt uns aus der Verantwortung unseres Handelns, aus der vom Gewissen diktierten Scheu, Experimente solcher Art überhaupt zu beginnen? Um so mehr, als nicht einmal eine Notwendigkeit, kein unmittelbarer Sinn, keine klare wissenschaftliche Fragestellung für solches Tun erkennbar sind. Im Gegenteil:

Die so nach dem neuen Einheitsmenschen rufen, vergessen, daß gerade die genetische Variabilität der Spezies Mensch eine der entscheidenden Voraussetzungen für die Entwicklung unserer differenzierten Kultur war und noch immer ist; und daß diese differenzierte Kultur ihrerseits wieder über die ihr eigenen Umwelten und die in ihnen wirksamen speziellen Evolutionsmechanismen die Variabilität der Menschheit eher förderte als einengte, sei es auch nur durch den mit der Industrialisierung einhergehenden Trend zur Vergrößerung der Populationen.

Vom Standpunkt der Genetik aus betrachtet, sind viele Wandlungen unserer modernen Welt, vielleicht sogar manche Veränderungen, die wir zunächst beklagen möchten, sehr wahrscheinlich ganz vorwiegend positiv zu bewerten. Denken wir an die großartigen Umschichtungen der sozialen Umwelten der Spezies Mensch; man kann diese Umschichtungen durchaus auch unter dem Aspekt der Genetik sehen: Industrialisierung und Urbanisierung lösen das ländliche Dasein kleinerer Gruppen ab, genetische Isolate werden dabei aufgelöst; große Völkergruppen, die vorher kaum miteinander in Kontakt kamen, beginnen sich zu vermischen; alle diese Prozesse führen fast zwangsläufig zur Vergrößerung der Variabilität der Spezies Mensch und schaffen damit neue Bedingungen für die diversifizierende Auslese. Zugleich sehen wir eine ganz eindeutige Tendenz in fast allen modernen Gesellschaftsformen dahingehend, dem Individuum optimale Startchancen für das Leben zu geben. Diese Gleichheit der Chancen öffnet die sozialen Gruppen und Klassen, die somit ermöglichte Mobilität zwischen den Klassen begünstigt gerade das, was die diversifizierende Auslese an Vorteilen

bringt: sie führt zur Erhöhung der Variabilität, es vergrößern sich die Chancen zur Ausbildung geistiger Elitegruppen, die letztendlich, wenn man es einmal genetisch sehen will, in hohem Maße durch einen besonders günstigen Genbestand gekennzeichnet sein dürften. Viel spricht dafür, daß auch die modernen Populationen hier noch bislang ungenutzte Reserven haben; soeben beginnen wir in unserem Lande, diese Begabungsreserven zu mobilisieren, indem wir ihnen etwa über den Schulentwicklungsplan die Chance geben zu lernen. Die Universität hat damit das Glück und zugleich die schwere Aufgabe, mitzuwirken an diesem Prozeß der geistigen Evolution.

Können wir zuversichtlich sein hinsichtlich dieser Entwicklungen, die auch und gerade die *genetische* Zukunft der Menschheit entscheiden werden? Ich glaube, wir können zuversichtlich sein. Wir sind als Lehrer und Forscher in diesem Prozeß ein wichtiges Glied; wir wirken mit bei der Durchsetzung des Prinzips, jedem Menschen eine bestmögliche Chance zu geben. Unsere Auslesekriterien setzen dabei an jenem für die biologische und kulturelle Evolution so außerordentlich wichtigen Merkmal an, das wir Lernfähigkeit nennen. Mit unserer Forschung schaffen wir wesentliche Voraussetzungen für den Fortgang der kulturellen Evolution; zugleich geben wir über die Forschung mit der Lehre den Studenten das Werkzeug in die Hand, später selbst an dieser kulturellen Evolution mitzuwirken. Dies ist die große Chance der Spezies Mensch: denn biologisch gesehen ist der außerordentliche Erfolg dieser Spezies nur so zu erklären, daß sich die von ihr geschaffene Kultur stets sehr viel schneller zu verändern vermochte als ihr Genbestand.

Wir werden also auch heute nicht anders handeln können wie während unserer ganzen Evolution: wir werden jetzt genauso wie früher (und wohl auch noch für die absehbare Zukunft) viel häufiger unsere Umwelt den Genen anpassen als unsere Gene der Umwelt. Wir werden dabei auch weiterhin neue Methoden erfinden, um damit neue Umwelten zu schaffen, die es uns auch erlauben, den Begriff der Krankheit weiter zu relativieren; das heißt, wir werden weiterhin Möglichkeiten suchen und finden zur Therapie genetisch bedingter Krankheiten. Sicher wird es uns aber nicht gelingen, mit all dem Leid fertig zu werden, das uns durch unsere genetische Last zuwächst. Wir werden in unserem sozialen Verhalten also weiterhin Rücksicht darauf nehmen müssen, daß jeder von uns seine genetische Last mit sich führt; daß es also nie den vollkommenen,

den auch von seinen Erbanlagen her gesehen idealen Menschen geben kann, und dies ist wohl auch gut so. Wir Menschen werden somit auch weiterhin nicht anders können, als Rücksichtnahme gegenüber unseren Mitmenschen zu üben; und jeder Einzelne von uns wird seinerseits der Hilfe durch den Mitmenschen bedürfen. Jeder trage so des anderen Last.

