

52

U.R.

SCHRIFTENREIHE
DER UNIVERSITÄT
REGENSBURG

BAND 7

Evolutionstheorie und ihre Evolution

MR

3600

E 93

Vortragsreihe der
Universität Regensburg
zum 100. Todestag
von Charles Darwin



UBR UBR 069002018765 UBR UBR



SCHRIFTENREIHE DER
UNIVERSITÄT REGENSBURG
BAND 7

Evolutionstheorie und ihre Evolution

Vortragsreihe der Universität Regensburg
zum 100. Todestag von Charles Darwin

Herausgegeben von Dieter Henrich

Mittelbayerische Druckerei- und Verlagsgesellschaft mbH, Regensburg

52/13043

521MR 3600, E 93

Univ.-Bibliothek
Regensburg

6255727

Schriftenreihe der Universität Regensburg

Band 7

Evolutionstheorie und ihre Evolution

Vortragsreihe der Universität Regensburg

zum 100. Todestag von Charles Darwin

ISSN 0171-7529

ISBN 3-921114-56-X

© Mittelbayerische Druckerei- und Verlagsgesellschaft mbH, Regensburg 1982

Gesamtherstellung: MZ-DRUCK, Regensburg

Die Evolutionstheorie Charles Darwins bedeutete eine Revolution. Wie jede Revolution fand sie leidenschaftliche Anhänger und leidenschaftliche Gegner. Die Kontroverse, die seit mehr als hundert Jahren andauert, ist keineswegs beendet. Keinem Kritiker ist es aber bisher gelungen, die entscheidenden Thesen Darwins aus den Angeln zu heben. Der Revolution ist keine weitere nachgefolgt. Es gibt nur Evolutionen der Evolutionstheorie.

Die Universität Regensburg hat die hundertste Wiederkehr des Todestages von Charles Darwin zum Anlaß genommen, seine Theorie und deren Folgen in einer Vortragsreihe einer breiteren Öffentlichkeit vorzustellen. Leben und Werk Darwins werden in den hier vorgelegten Beiträgen ebenso geschildert wie die geistige Situation Englands in dieser Zeit: „Über Gott und Geometrie“ gab es damals einen berühmten Streit. Zwei Biologen kommen zu Wort: der eine zeichnet das Bild des Menschen, wie die Evolutionstheorie ihn sieht, mit einem Ausblick auf die Zukunft des Menschen, der andere zeigt an einem Teilgebiet, wie sehr die moderne Forschung die Richtigkeit der Darwin'schen Lehre bestätigt. Ein Physiker untersucht die Existenz einer evolutionistischen Entwicklung des Kosmos vor der Entstehung des Lebens. Mit der neodarwinistischen Schule setzt sich ein Mathematiker auseinander. Sie führte die Evolution durch Mutationen allein auf den Zufall zurück. Dagegen sind wahrscheinlichkeitstheoretische Bedenken geäußert worden. Auch von Mißinterpretationen der Darwin'schen Theorie ist die Rede (Stichworte: Sozialdarwinismus, Rassenauslese). Das Schlußwort hat, wie könnte es anders sein, die Theologie. Sie, die zu Beginn der Auseinandersetzungen als schärfste Kritikerin der Darwin'schen Theorie auftrat, stellt heute deren Brauchbarkeit und Wert für die Naturwissenschaften zwar nicht mehr in Frage. Sie weist aber hin auf das „Mehr“, das sie zu vertreten hat, das Mehr, das mit dem menschlichen Selbstbewußtsein und mit seiner Freiheit gegeben ist.

Dieter Henrich

INHALT

| | |
|--|-----|
| <i>Claus Albers</i> | |
| Charles Darwin: <u>Leben und Werk</u> | 9 |
| <i>Helmut Altner</i> | |
| „Licht wird fallen auf die Herkunft des Menschen“: Das Bild des Menschen im Blick der Evolutionstheorie | 29 |
| <i>Christian Bauer</i> | |
| Was sagen uns biologische Makromoleküle über das Darwin'sche Selektionsprinzip? | 49 |
| <i>Wolfgang Gebhardt</i> | |
| Gibt es eine physikalische Evolution? | 67 |
| <i>Dieter Bierlein</i> | |
| Über die Rolle des Zufalls in Evolutionsmodellen | 93 |
| <i>Robert Hettlage</i> | |
| Variationen des Darwinismus in der Soziologie | 109 |
| <i>Heinrich Petri</i> | |
| Christlicher Glaube und evolutionistisches Weltbild | 127 |
| <i>Imre Toth</i> | |
| Gott und Geometrie – eine viktorianische Kontroverse | 141 |

CHARLES DARWIN: LEBEN UND WERK

Bei großen Persönlichkeiten des Geisteslebens können Lebenswerk und Lebensumstände bisweilen wenig Bezug zueinander haben, mögen vertauschbar erscheinen. Hätte nicht beispielsweise Kepler, der Hofastrologe in Wien und Prag, seine Gesetze der Planetenbewegung auch als gelehrter, geistlicher Ordensmann wie Kopernikus auffinden können und umgekehrt? Eine solche Vertauschung der Lebensumstände mutet in diesem Fall unserer Vorstellungskraft nichts Übermäßiges zu. Anders bei Darwin: Die Zeit und die in ihr keimenden Ideen, die familiären Wurzeln, die durch materielle Unabhängigkeit mögliche Freiheit in den Jahren der Entfaltung wie in denen der Reife, all dies gehört nicht weniger zu dem Werk, das mit dem Namen von Darwin verbunden ist, als die geistigen und charakterlichen Anlagen seiner Persönlichkeit. Dies Werk – die wissenschaftliche Begründung der Evolutionslehre – hat der Biologie des nachfolgenden Jahrhunderts die entscheidende Richtung gewiesen und auch anderen Bereichen der Natur- und Geisteswissenschaften wichtige Impulse gegeben. Ohne Darwins Werk ist vieles in unserem heutigen naturwissenschaftlichen Weltbild nicht zu verstehen und umgekehrt bleibt ohne Kenntnis von Darwins Leben manches in seinem Werk inhaltlich oder formal für den heutigen Leser fremd.

1. Das Leben

Darwin wurde 1809 geboren. Sein Interesse an der Natur läßt sich im väterlichen Ast der Familie verfolgen. Der Großvater, Erasmus Darwin, war nicht nur ein hochangesehener Arzt, sondern auch Zoologe. Von ihm erschien die „Zoonomie oder die Gesetze des organischen Lebens“ (1794–1796), ein Werk, das man durchaus zu den wesentlichen Vorläufern des Darwinismus rechnen muß, selbst wenn Darwin die Rolle dieses Werks für seinen eigenen Gedankengang nicht allzu hoch eingeschätzt hat. Auch der Vater, Robert Waring Darwin, war Arzt. Darwin bezeichnete ihn zwar als „den weisesten Mann“, den er in seinem Leben gekannt habe, doch scheint die Gedankenwelt des Vaters wenig Berührungspunkte mit der des Sohnes gehabt zu haben. Auch erfuhr Darwin von seinem Vater nicht viele Ermutigungen, sah dieser doch die zunächst in der Tat verschlungenen und wenig aussichtsreich erscheinenden Lebenswege des Sohnes eher mit Skepsis. Man wird dies nicht übelnehmen, wenn man liest, was Darwin selbst über seine Schul- und Studienjahre berichtet. Blickt man aber auf das vollendete Leben zurück, so erstaunt man über die Konsequenz und Zielgerichtetheit dieses Lebens, das schon in frühen Jahren gleichsam tastend jenen Weg betrat, auf dem es dann in bewußter Gestaltung bis zur höchsten Erfüllung gelangte.



Charles Darwin 1839 nach einem Aquarell von Georg Richmond

a) Schul- und Studienjahre

Schon in der Schulzeit in Shrewsbury zeigte sich Darwins Neigung für Naturgeschichte in einem Sammeleifer für Pflanzen, Muscheln, Mineralien und anderes. Diese Sammelleidenschaft behielt er auch während des nach der Schule zunächst begonnenen Medizinstudiums in Edinburgh bei. Dort begann er auch, sich ernsthaft mit naturkundlichen Werken, unter anderem auch mit dem seines Großvaters, zu beschäftigen. Seine hervorragende Begabung für Naturbeobachtung und für das Aufspüren von morphologischen Zusammenhängen führte ihn zu kleineren zoologischen Entdeckungen, über die er auf einer naturkundlichen Gesellschaft seinen ersten Vortrag hielt. Diese sehr ernsthaft betriebenen naturwissenschaftlichen Studien fesselten Darwin durchaus mehr als das eigentliche Medizinstudium, dem er wenig Reiz abgewinnen konnte und für das ihm auch die nötige seelische Robustheit fehlte, wie er nach der Teilnahme an zwei schweren, damals natürlich noch ohne Narkose durchgeführten Operationen sehr früh selbst erkannte. Nach vier Semestern gab er das Medizinstudium gänzlich auf und ging nach Cambridge, um das Studium der Theologie aufzunehmen. Sehr typisch für ihn und seine außerordentliche Gewissenhaftigkeit war die Bedingung, die er dem Vater damals vor dem von diesem empfohlenen Studiumwechsel stellte: Vor Aufnahme des Studiums wollte er sich erst mit theologischen Werken befassen, bis er sich sicher sei, allen Dogmen der Kirche nicht nur mit seinem Gewissen, sondern auch mit seinem Verstand folgen zu können. Auf diese Weise mit dem ihm völlig fremden Gebiet etwas vertrauter geworden, nahm er das Studium auf und trat in das berühmte Christ-College ein. Neben den theologischen Studien, die er bis zum Baccalaureat betrieb, blieb er seinen naturwissenschaftlichen Studien treu. Bestimmend dafür wurde ihm einer seiner theologischen Lehrer, Stevens Henslow, der selber ein hervorragender Biologe war und schon früh Darwins Talent für Naturbeobachtung erkannt hatte. Mit Henslow und dessen Familie verband Darwin bald eine enge Freundschaft. Jetzt nahm Darwin auch die Beschäftigung mit der Geologie wieder auf, die ihn in Edinburgh noch kurz vorher so sehr gelangweilt hatte, daß er sich zu dem Schwure hatte hinreißen lassen, er wolle nie wieder ein geologisches Buch anrühren.

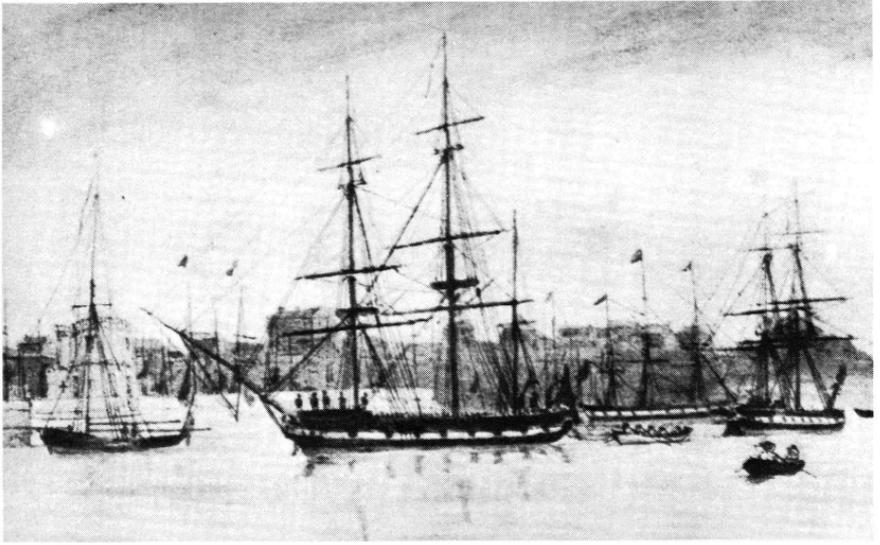
So kam er im Jahre 1831 von einer geologischen Exkursion durch Nordwales zurück, als ihn ein Brief von Henslow erreichte. Ein Brief, der für ihn die entscheidende Wendung seines Lebens bedeutete. Die britische Admiralität plante eine Vermessungsfahrt, die an die Küsten Südamerikas und weiter bis Neuseeland führen sollte. Dazu suchte sie einen jungen Naturwissenschaftler, der die kartographischen und chronometrischen Arbeiten durch systematische botanische, zoologische und geologische Beobachtungen ergänzen sollte. Henslow hatte für diese Aufgabe Darwin empfohlen. Als väterlicher Freund wußte er natürlich sehr wohl, daß Darwin Zweifel befangen würden, ob er für eine solche Forschungsfahrt auch der geeignete Mann wäre. Seinen ermunternden Worten verdanken wir eine eindrucksvolle Schilderung der Persönlichkeit des jungen Darwin:

„Ich habe ausgesprochen, daß ich Sie für die beste qualifizierte Person unter denen, die ich kenne, halte . . . Ich spreche dies aus, nicht in der Voraussetzung, daß Sie ein fertiger Naturforscher, sondern reichlich dazu qualifiziert sind, zu sammeln, zu beobachten und alles, was einer Aufzeichnung auf dem Gebiet der Naturgeschichte wert ist, aufzuzeichnen . . . Tragen Sie sich nicht mit irgendwelchen bescheidenen Zweifeln oder Befürchtungen über Ihre Untüchtigkeit, denn ich versichere Ihnen, ich meine, Sie sind gerade der Mann, welchen sie [Anm.: die Auftraggeber der Admiralität] suchen! So betrachten Sie sich auf die Schulter geklopft von Ihrem Büttel und herzlich ergebene Freund J. S. Henslow.“

Eine gewiß außerordentlich ehrenvolle, aber auch eine erstaunliche und problematische Empfehlung. Erstaunlich jedenfalls für uns Heutige. Welche staatliche Stelle würde heute für eine gründliche wissenschaftliche Studie bei einer Reise, die viele Kontinente berühren würde, einen gerade 22 Jahre alten, eben mit dem theologischen Vorexamen fertig gewordenen Studenten aussuchen, der noch dazu in der Schule keine sonderlich guten Noten erzielt und sein erstes Studium erfolglos abgebrochen hatte. Problematisch für uns Heutige und wohl auch für die damaligen Verhältnisse: Für die geplante mehrjährige Weltumsegelung sollte Darwin nicht nur keinerlei Bezahlung bekommen, sondern sich sogar mit einer Summe von schätzungsweise £ 700 für Ausrüstung und Verpflegung beteiligen. Die Bedeutung dieser Summe kann man sich erst vorstellen, wenn man erfährt, daß damals in England ein Industriearbeiter im Jahr mit etwa 50 £ auskommen mußte und selbst ein Angehöriger der obersten Mittelklasse mit einem Jahreseinkommen (!) von höchstens £ 150 rechnen konnte. Und außer dem finanziellen Problem waren schließlich auch die mannigfachen Gefahren einer See- und Tropenreise zu bedenken.

Angesichts dieser Risiken und der unausweichlichen mehrjährigen Unterbrechung des Studiums konnte Darwins Vater die Begeisterung seines Sohnes nicht teilen. Dabei war der in Frage stehende Geldbetrag keineswegs der entscheidende Punkt. Seine schon 1817 gestorbene Frau Susannah, Darwins Mutter, war eine Tochter des Gründers der heute noch für ihr Tafelgeschirr berühmten Manufaktur Wedgwood. Sie hatte ein Vermögen hinterlassen, das nicht nur ihrem Mann, sondern auch ihren sechs Kindern einen angemessenen Lebensunterhalt ohne zusätzlichen Broterwerb gesichert hätte.

Dennoch war dieser Reiseplan für den englischen common sense eine ganz und gar unvernünftige Verschwendung kostbarer Lebenszeit. Und so lautete der väterliche Bescheid: „Wenn Du irgendeinen Mann von gesundem Menschenverstand finden kannst, der dir den Rat gibt, zu gehen, so will ich Dir meine Zustimmung geben“. Einen solchen Mann von gesundem Menschenverstand, der auch seinen Vater überzeugen konnte, hatte Darwin schnell gefunden. Es war der Bruder seiner Mutter, Josiah Wedgwood, in dessen Familie Darwin wie ein Kind im Hause war, viele Ferien dort verbracht hatte und nun für sein Problem volles Verständnis fand. Der Vater willigte schließlich ein und Darwin konnte im Dezember 1831 an Bord der „Beagle“ gehen. Die Reise begann am 27. Dezember.



Die BEAGLE im Hafen von Sydney

Mit diesem Tage endete das Leben Darwins als das eines liebenswürdigen, lebenslustigen und an mancherlei interessiertem Durchschnittsstudenten. Ohne daß er es merkte, begann mit diesem Tag das Dasein des Gelehrten, des zwar immer noch sehr liebenswürdigen, aber – wie die kommenden Jahrzehnte zeigen sollten –, alles andere als durchschnittlichen Menschen.

b) *Die Weltumsegelung*

Die mehrjährige Weltumsegelung wurde für Darwin zu einem Höhe- und Wendepunkt seines Lebens. Höhepunkt nicht nur, weil es seine erste und einzige größere Reise war, sondern vor allem, weil ihm auf dieser Reise die Natur in einer solchen Fülle von Erscheinungen begegnete, daß diese Erfahrungen das wichtigste Material für das Werk über die Entstehung der Arten geliefert haben. Ein Wendepunkt wurde die Reise aber, weil es Darwin nach dieser Naturerfahrung und der während der Reise immer stärker gewordenen Überzeugung von der Wandelbarkeit der Arten unmöglich erschien, den Schöpfungsbericht der Bibel als auch für die Naturwissenschaft verbindlich anzunehmen. Für Darwins kompromißlose Denkweise wurde damit auch die Existenz eines Schöpfergottes fragwürdig. Mit Bestürzung schilderte Darwin diese innere Entwicklung und verglich seine Empfindungen hierzu mit denen eines Menschen, der plötzlich farbenblind geworden sei. Damit war für Darwin eine Rückkehr zur Theologie unmöglich geworden.

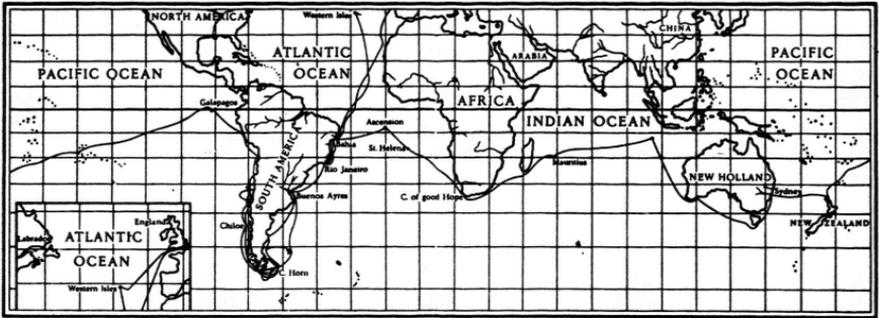
Darwin hatte sich auf die Reise sorgfältig vorbereitet, u. a. durch eine intensive Beschäftigung mit den Reiseschilderungen Alexander von Humboldts. Das während der Reise geführte Tagebuch arbeitete er später zu seinem ersten großen und sehr erfolgreichen Werk aus, der „Reise eines Naturforschers um die Welt“, das mit Recht zu den berühmtesten und heute noch lesenswerten Reiseschilderungen der letzten Jahrhunderte gerechnet wird. In unserem Zusammenhang soll jedoch nur jener Aspekt berücksichtigt werden, der das Aufkeimen des Evolutionsgedankens deutlich macht.

Die Reise führte zunächst zu den Kap Verde-Inseln. Hier interessierte Darwin die Frage, wie solche Inseln mit Leben besiedelt werden können. So untersuchte er, welche Art Staub der Wind herbeitrug, und ob darunter vielleicht Samen oder Spuren von primitivsten Tieren oder Pflanzen waren. Die nächste wichtige Station war Bahia Blanca an der Ostküste von Südamerika. Hier machte Darwin eine erste längere Landexkursion, bei der er in genau von ihm beschriebenen geologischen Schichten zum ersten Mal eine große Zahl fossiler Überreste ungewöhnlich großer Landtiere fand. Unter diesen war auch ein Exemplar des *Toxodon*, das er eines der fremdartigsten Tiere, die je entdeckt worden seien, nennt. Der Größe nach glich es einem Elefanten, hatte aber auch Züge von Nagetieren sowie von Dickhäutern. Aufgrund der Kopfform vermutete er, daß es sich um ein Wassertier gehandelt hat. Doch über das Detail hinaus erstaunt ihn vor allem, „wie wunderbar die verschiedenen Ordnungen, welche in der Jetztzeit so scharf getrennt sind, in den verschiedenen Punkten der Struktur des *Toxodon* miteinander verschmolzen sind“. Klingen in diesem Zitat schon die Gedanken an die Verwandtschaftsgrade zwischen den Spezies und an mögliche Übergänge von einer Art zur anderen an, zeigt das folgende, eine in der Nähe Bahia zu findende Vogelart betreffende Zitat bereits das Grundmotiv von Darwins wissenschaftlichem Lebenswerk:

„Diese kleine Familie von Vögeln ist eine jener Gruppen, welche nach ihren verschiedenen verwandtschaftlichen Beziehungen zu anderen Familien, trotzdem sie für jetzt den systematischen Naturforschungen nur Schwierigkeiten darbietet, uns doch schließlich helfen kann, den großen, der Jetztzeit und den vergangenen Zeiten gemeinsamen Plan zu enthüllen, nach welchem die organischen Wesen erschaffen worden sind.“

Die Reise führte auf dem Landweg an der Ostküste Südamerikas südwärts, weiter durch die Magellan-Straße in den Pazifik und dort unter steten Vermessungsarbeiten an der Küste nordwärts, bis 1835 die Galapagos-Inseln erreicht wurden. Hier machte Darwin in den vier Wochen vom 15. September bis zum 20. Oktober eine Reihe von grundlegenden Beobachtungen und Entdeckungen, die nicht nur in dem Reisetagebuch sehr anschaulich beschrieben wurden, sondern auch in sein Werk über die Entstehung der Arten als ein Kernstück eingingen.

Trotz seiner faszinierenden geologischen Struktur machte der Archipel auf Darwin zunächst keinen sehr einladenden Eindruck. Ein zerklüftetes Feld schwarzer, basaltischer Lava, mit verkümmertem verbranntem Buschholz bedeckt, nur wenige Zeichen von Leben, eine trockene und ausge-



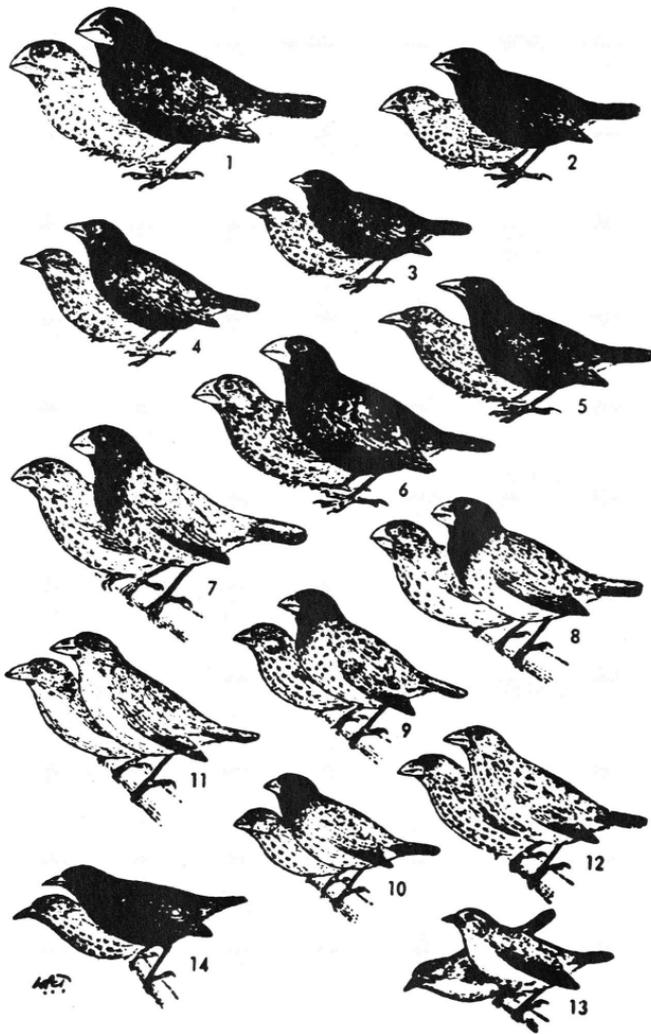
Die Reiseroute der BEAGLE

dörrte, von der Mittagssonne erhitzte Oberfläche, die die Luft schwül und drückend wie in einem Ofen machte, widerwärtig duftende Gebüsche, all dies faßte Darwin in einem Brief mit dem Satz zusammen: „So könnte der kultivierte Teil der Hölle aussehen“. Die genauere Beschäftigung mit den Lebewesen dieser Inselwelt ließ Darwin aber diesen ersten negativen Eindruck rasch vergessen.

Genug Besonderheiten zeigte schon die Tierwelt dieser Inselgruppe. Abgesehen von einer Mäuseart und den durch Seeräuber eingeschleppten Ratten, fehlten die Säugetiere, und auch Amphibien, wie z. B. Frösche, gab es dort nicht. Reptilien waren dagegen durch einige besonders auffallende Arten vertreten: Da gab es zunächst einmal die nur auf diesem Archipel vorkommenden und allen Seefahrern wohlbekanntesten Riesenschildkröten, die zu Darwins Zeit noch in fast unerschöpflich scheinender Zahl vorkamen und eine beliebte Fleischquelle darstellten. Außerdem fanden sich eine Landechse und eine sehr bizarr geformte Meerechse, die beide nur auf dem Archipel zu finden waren. Bei der Pflanzenwelt fand Darwin 250 Arten, von denen etwa die Hälfte als endemisch angesprochen werden mußten. Am merkwürdigsten erschien Darwin aber die Tatsache, daß auf den verschiedenen Inseln, trotz nicht allzugroßer Entfernung, die Zusammensetzung der Fauna für jede einzelne Insel unterschiedlich und charakteristisch war. Der Vizegouverneur hatte Darwin darauf aufmerksam gemacht, daß er jeder Schildkröte sofort ansehen könne, von welcher Insel sie stamme. Das gleiche fand Darwin auch bei Vögeln und Landechsen.

Für den naturkundlich wenig Interessierten wären dies sicher keine sensationellen Beobachtungen gewesen. Für Darwins Beobachtungstalent und seinen Spürsinn für Zusammenhänge jedoch waren dies keineswegs belanglose Beobachtungen. In seiner Reisebeschreibung heißt es:

„Es wäre mir doch nicht im Traume eingefallen, daß ungefähr 50 oder 60 Meilen voneinander entfernt liegende Inseln, die meistens in Sichtweite voneinander, aus genau denselben Gesteinen bestehend, in einem ganz gleichartigen Klima gelegen und nahezu zu derselben Höhe sich erhebend,



Darwin-Finken nach ihrer Ähnlichkeit geordnet:

1. Großer Grundfink; 2. Mittlerer Grundfink; 3. Kleiner Grundfink; 4. Spitzschnabeliger Grundfink; 5. Kaktusfink; 6. Großer Kaktusfink; 7. Vegetarischer Baumfink; 8. Großer insektenfressender Baumfink; 9. Mittlerer insektenfressender Baumfink; 10. Kleiner insektenfressender Baumfink (Meisenfink); 11. Spechtfink; 12. Mangrovenfink; 13. Laubsängerfink; 14. Kokosfink.

verschiedene Bewohner haben sollten; wir werden aber sofort sehen, daß dies der Fall ist . . .“

„Wir haben daher hier die wahrhaft wunderbare Tatsache vor uns, daß auf der James-Insel von den dort gefundenen 38 Galapagos-Pflanzen oder solchen, die auf keinem anderen Fleck der Erde gefunden werden, 30 ausschließlich auf diese eine Insel beschränkt sind. Ferner hat Euphorbia, eine weit verbreitete Gattung, hier 8 Spezies, von denen 7 auf den Archipel beschränkt sind und nicht eine einzige wird auf irgendwelchen zwei Insel, gefunden . . .“

„Die Verbreitung der Bewohner dieses Archipels würde auch nicht annähernd so wunderbar sein, wenn beispielsweise die eine Insel eine Spottrossel und eine zweite Insel irgendeine andere, davon ganz verschiedene Gattung hätte; wenn die eine Insel ihre besondere Gattung von Eidechsen und eine zweite eine andere verschiedene Gattung oder gar keine hätte . . . Das, was mich mit Verwunderung erfüllt, ist gerade der Umstand, daß mehrere Inseln ihre besonderen eigenen Spezies von Schildkröten, Spottrosseln, Finken und zahlreichen Pflanzen besitzt, während doch diese Arten dieselben allgemeinen Lebensgewohnheiten haben, ähnliche Örtlichkeiten bewohnen und ganz offenbar dieselben Stellen in dem Naturhaushalt des Archipels ausfüllen.“

Eine für die Evolutionstheorie besonders wichtige Beobachtung machte Darwin bei den Landvögeln. Hier zählte er 26 Arten, von denen 25 noch nicht bekannte neue und für die Galapagos-Inseln typische Arten waren. Darunter fanden sich 13 Finkenarten, die nach Körperbau und Färbung nicht sehr voneinander verschieden waren, aber ganz charakteristische und unterschiedliche Schnabelformen entwickelt hatten, die ihrer sehr unterschiedlichen Art der Nahrungssuche entsprachen. Im großen und ganzen ähnelten sie amerikanischen Finkenarten, mußten aber nach ihrer Lebensweise und Spezialisierung eindeutig als eigene Art angesprochen werden. Sie sind heute als Darwin-Finken bekannt. In der Reisebeschreibung heißt es:

„Wenn man diese Abstufung und Verschiedenartigkeit der Struktur in einer kleinen, nahe untereinander verwandten Gruppe von Vögeln sieht, so kann man sich wirklich vorstellen, daß infolge einer ursprünglichen Armut an Vögeln auf diesem Archipel die eine Spezies hergenommen und zu verschiedenen Zwecken modifiziert worden sei.“

Der Schlußsatz dieses Kapitels weist fast leitmotivisch auf das große Werk über die Entstehung der Arten hin: „wir scheinen daher in beiden Beziehungen, sowohl im Raume als in der Zeit, jener großen Tatsache – jenem Geheimnis aller Geheimnisse – dem ersten Erscheinen neuer lebender Wesen auf der Erde nähergebracht zu werden.“

Dies war im Hinblick auf Darwins späteres wissenschaftliches Werk der Höhepunkt der Reise, die sich nach den vier Wochen auf den Galapagos-Inseln noch fast anderthalb Jahre fortsetzte. Sie führte über Neuseeland, Australien und die Südspitze von Afrika zurück nach Bahia und von da auf der gleichen Route wie bei der Hinreise zurück nach England. Am 2. Oktober 1836 war Darwin wieder daheim auf englischem Boden.

c) *Der Gelehrte in Down*

Nach Darwins eigenen Worten war die geschilderte Reise mit der „Beagle“ das bei weitem wichtigste Ereignis seines Lebens, das seine ganze weitere Laufbahn bestimmt hat. Dies betrifft vor allem die nach der Rückkehr zu entscheidende Berufswahl. Eine Rückkehr zur Theologie mit dem Ziel eines nebenher biologische Studien betreibenden Landgeistlichen war nach der oben geschilderten Abkehr vom biblischen Glauben unmöglich geworden. Auch brauchte bei den väterlichen Vermögensverhältnissen keine Rücksicht darauf genommen zu werden, ob die zukünftige Berufstätigkeit dann hinreichende materielle Sicherung bieten würde. So konnte Darwin sich ganz den Naturwissenschaften widmen und wurde, nachdem er wenige Jahre Sekretär der Geologischen Gesellschaft in London gewesen war, schließlich und nicht zuletzt unter dem Eindruck seiner beginnenden gesundheitlichen Unpäßlichkeiten ein Privatgelehrter. Hierbei handelte es sich nicht um eine Entscheidung für einen Beruf im üblichen Sinne des Wortes. Vielmehr muß man hier eine konsequente Entwicklung sehen, die sich schon in den Studienjahren andeutete, während der Weltumsegelung entscheidende Anstöße bekam und nun so unmerklich wie notwendig in das Dasein eines nur seinem Werk verpflichteten Gelehrten überging.

Noch eine zweite Entscheidung von nicht geringerer Tragweite für sein Leben hatte Darwin nach seiner Rückkehr zu treffen: Es war die Frage nach der Eheschließung, zu der er sich erst nach weit ausholenden, uns heute noch etwas naiv und egoistisch anmutenden Überlegungen entschließen konnte. Wie schon vor dem Beginn des Theologiestudiums und später in dem vieljährigem Zögern, seine Gedanken über die Entstehung der Arten zu veröffentlichen, schob Darwin die Entscheidung heraus, um sich in einer Denk- und Atempause seiner selbst zu vergewissern. Bei den entscheidenden Schritten seines Lebens betrat Darwin nie blind das noch ungewisse Gelände; je wichtiger der Schritt, um so sorgfältiger tasteten seine Gedanken die offenen Richtungen ab. Am einmal eingeschlagenen Weg hielt er dann aber um so unbeirrbarer fest. Fast wie eine Beschwörung klingt das dreimalige „Heiraten! Heiraten! Heiraten“, mit dem im Notizbuch das Ringen der Gedanken beendet wurde. Die Wahl fiel auf seine Cousine Emma Wedgwood, mit der ihn schon seit Kindestagen eine herzliche Freundschaft verbunden hatte. Ihr Vater, der schon oben erwähnte Josiah Wedgwood, gab sein Jawort zu dieser Verbindung mit großer Freude und hat so zum zweiten Mal entscheidend in Darwins Leben hineingewirkt, denn ohne das Verständnis und die Fürsorge seiner Frau hätten Darwins Kräfte vielleicht nicht ausgereicht, seine wissenschaftlichen Studien so intensiv zu betreiben und seinem Werk den imponierenden Umfang und die unwiderstehliche Überzeugungskraft zu verleihen.

Nach der Hochzeit 1839 zog das Paar zunächst nach London. Doch das Großstadtleben und seine gesellschaftlichen Verpflichtungen belasteten Darwins gesundheitlich heikle und anfällige Konstitution zu sehr. Instinktiv spürte er, wie diese Zerstreuungen seinem inneren Auftrag im Wege

standen. So zog die Familie 1842 nach Down, ein kleines, südlich von London gelegenes Dorf. Wie der Biograph Hemleben lapidar formulierte: „Der 33jährige hatte seinen Alterssitz gefunden!“ Und auch Darwins Selbstbiographie schließt mit diesem Datum: „Aus meinem weiteren Leben habe ich daher nichts zu berichten, mit Ausnahme der Veröffentlichung meiner verschiedene Bücher“.

2. *Das Werk*

Das gedruckte Werk Darwins umfaßt mehr als 8000 Seiten, wobei die erst nach seinem Tode veröffentlichten Briefbände und Tagebücher miteingerechnet sind. Aus diesem imponierendem Gesamtwerk ragen drei Bücher heraus, die für die nach Darwin benannte Lehre und Epoche der Biologie maßgeblich geworden sind:

- 1.) Die schon mehrfach zitierte Beschreibung der Weltumsegelung,
- 2.) das 1859 erschienene Buch über die Entstehung der Arten und
- 3.) das 1871 erschienene Werk über die Abstammung des Menschen.

Unter diesen ist nach Darwins eigener Ansicht das Buch über die Entstehung der Arten das Hauptwerk. Die Reisebeschreibung kann im Verhältnis dazu als eine große Materialsammlung, ein Quellenwerk und auch ein Pflanzbeet für keimende Gedanken betrachtet werden. Das Buch über die Abstammung des Menschen, das in der Öffentlichkeit viel mehr Sensation gemacht hat, ist im Grunde genommen die Ausarbeitung einer notwendigen Schlußfolgerung aus dem Hauptwerk, auch wenn diese Schlußfolgerung dort nur mit einem einzigen Satz am Ende vorsichtig angedeutet wurde. So soll der zweite Teil dieses Aufsatzes sich nur mit dem Werk über die Entstehung der Arten, den darin enthaltenen Gedankengängen, der geradezu dramatischen Entstehungsgeschichte und schließlich mit dem Echo beschäftigen, das dieses Werk nach seinem Erscheinen gefunden hat.

Um das Provozierende allein des Titels von Darwins Hauptwerk zu verstehen, muß man die Anfang des vorigen Jahrhunderts noch unangefochten herrschende, auf dem Schöpfungsbericht der Bibel aufbauende Lehre kennen. Danach waren die Arten von Anfang an vollzählig erschaffen und absolut unveränderlich. Auch Linné, der Vater der systematischen Klassifikation, hatte an der Unveränderlichkeit der Arten noch strikt festgehalten. Die Vollzähligkeit der Arten wurde aber zur problematischen Behauptung, als man Fossilien als Reste erstmals lebendig gewesener Tiere anzusehen anfang. Im Mittelalter galten die Fossilien nur als Spielereien der Natur. Später sah man in ihnen Überreste von Tieren, die während der Sintflut umgekommen waren. Noch größere Schwierigkeiten für das Verständnis brachte um 1800 die Entdeckung der Geologen, daß Fossilien häufig nur in ganz bestimmten Schichten vorkommen, nach denen man dann sogar das Alter dieser Schichten bestimmen konnte. Nun sind aber viele fossile Tierarten heute nicht mehr zu finden, müssen folglich ausgestorben sein. Waren dann etwa nicht alle Arten der Schöpfung mehr auf

der Erde vorhanden? Hier fand Cuvier mit seiner Katastrophen-Theorie einen Ausweg: Es habe mehrere sintflutähnliche Katastrophen gegeben, die jeweils alles Leben ausgelöscht hätten. Danach sei dann in einem neuen Schöpfungsakt von Gott jeweils eine neue Welt von Lebewesen erschaffen worden. Diese Theorie wurde in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts durch den englischen Geologen Lyell verworfen: Lyell wies an vielen Beispielen nach, daß es nicht periodische Katastrophen, sondern dieselben Kräfte waren, die auch heute noch das Relief der Erde modellieren, wie Erosion, langsame Hebungen und Senkungen des Bodens usw., die in der Vergangenheit der Erde jahrmillionenlang die vielfältigsten Formen auf unserem Planeten hervorgebracht haben. Diese Lehre wurde für Darwin zu einer Art Schlüsselerfahrung, die er während seiner Weltumsegelung immer wieder durch eigene Beobachtungen bestätigt und auch auf biologische Phänomene übertragbar fand. Schon die Gegner Lyells hatten darauf hingewiesen, daß dessen Theorie notwendig dazu führen müsse, auch eine Wandelbarkeit und Entwicklung der Lebewesen auf der Erde anzunehmen, die von denselben Kräften bestimmt sein müsse, wie sie heute noch auf der Erde wirksam seien. Lyell hatte die logische Notwendigkeit dieser Schlußfolgerung zwar eingesehen, mochte diesen Gedanken aber nicht recht verfolgen oder gar publizistisch vertiefen, obwohl sie von anderen schon früher erwogen worden waren, wie etwa von Darwins Großvater oder von Lamarck, der in seinem berühmten 1809 erschienenen Werk „La philosophie de la Zoologie“ bereits den Gedanken einer Weiterentwicklung von Arten entsprechend den Erfordernissen des Lebensraumes klar konzipiert hatte. Eine Hypothese, die man in den heutigen Lehrbüchern mit der Formel der Vererbung erworbener Eigenschaften nur sehr verkürzt und mißverständlich wiedergegeben findet.

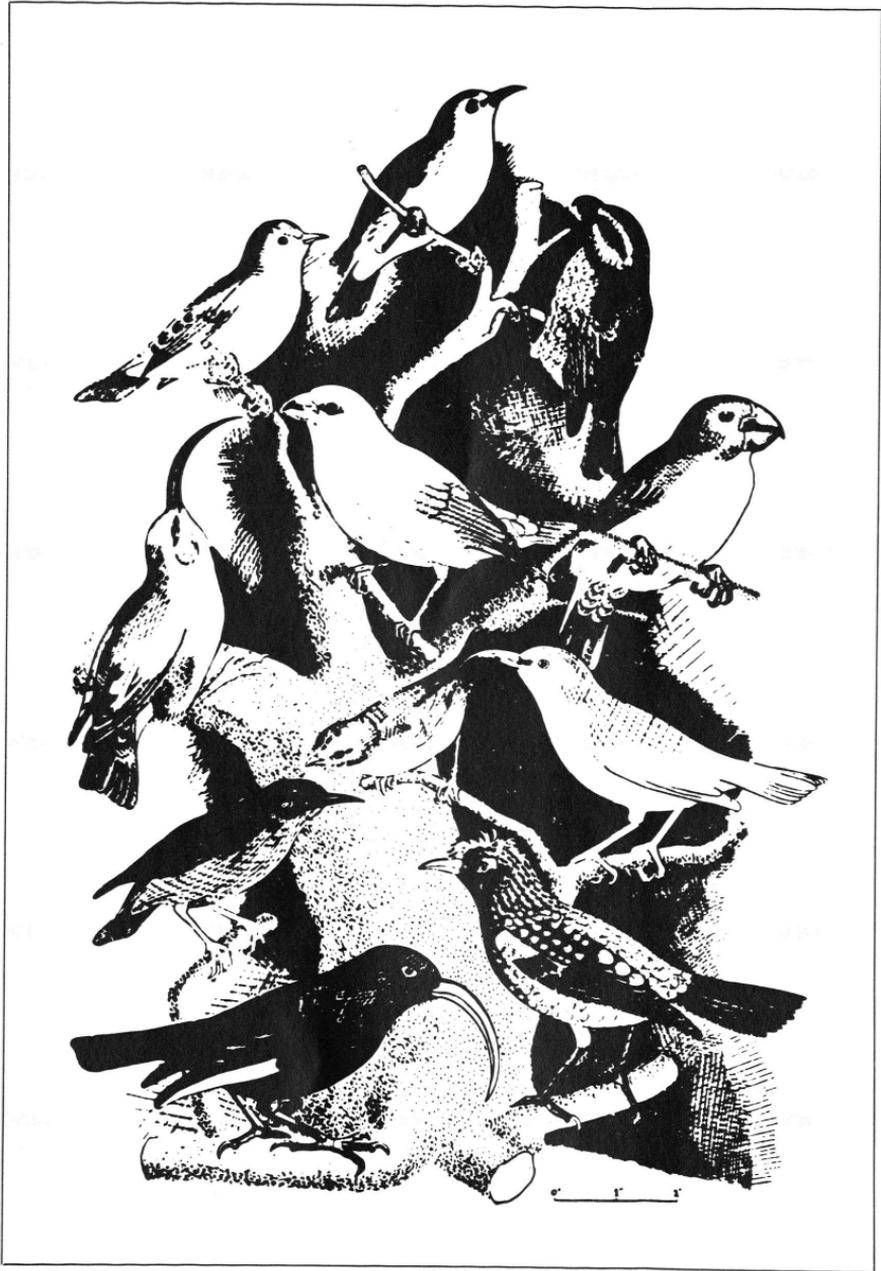
Darwin, der Lyells Geologie mit auf die Weltreise genommen hatte, zog die biologischen Konsequenzen aus dessen geologisch begründeter Prämisse, daß im Laufe der Erdgeschichte die ewig gleich wirksamen Kräfte zu immer neuen Formen der Erdoberfläche geführt hätten. Sollten die Formen der Lebewesen von solchem Wandel ausgeschlossen sein? Schon während der großen Reise schien Darwin diese Annahme unwahrscheinlich. Das oben gebrachte Zitat von den Vogelarten auf den Galapagos-Inseln, die „hergenommen und zu verschiedenen Zwecken modifiziert“ worden seien – schon in der Formulierung ein Affront gegen die hergebrachte Lehre von der Konstanz der Arten – zeigt die neue Blickrichtung. Doch die Reiseerfahrungen allein waren für Darwin noch keine hinreichende Stütze für die ihm unabweislich erscheinende Behauptung der Wandelbarkeit der Arten. Eine so von Grund auf neue Lehre brauchte ein tragfähiges Fundament, errichtet aus sorgfältig gesammelten und zuverlässig beobachteten Fakten. Diese solide empirische Grundlage konnte Darwin in den unermüdlichen Jahren im stillen Down zusammenfügen und bald schon stand es für ihn fest: Die Zahl der Arten ist *nicht* konstant, die Form der Arten ist *nicht* unwandelbar. Den Arten ist kein unbedingtes ewiges Dasein auf dieser Erde zugemessen, sie können im Laufe der Entwicklung zum Aussterben und Überdauern nur in fossiler Form verurteilt

oder aber vielleicht durch Modifikationen begünstigt, besser angepaßt, auch heute noch zu beobachten sein. Doch welche Kräfte könnten die Entscheidung zwischen diesen beiden Alternativen herbeiführen?

Beschäftigt mit dieser Frage und mit der skizzenhaften Niederschrift seiner Gedanken, las Darwin Malthus' Werk „Vermehrungskraft und Lebensraum“, das von folgenden Voraussetzungen ausgeht: 1.) Die Vermehrung von Lebewesen erfolgt in geometrischer Progression. 2.) Die Zahl der Lebewesen in einem bestimmten Areal ist annähernd konstant. 3.) Also muß irgendeine Macht dafür sorgen, daß ein Gleichgewicht hergestellt wird; Malthus nannte diese Macht den Kampf ums Dasein.

Diese Gedanken gaben Darwin den Schlüssel zu seinem Problem: Zur Variabilität der Arten mußte als zweiter Faktor ein Auswahlprinzip kommen, das er Selektion oder Zuchtwahl nannte. Die Zuchtwahl beruht demzufolge einmal auf dem Existenzkampf der Individuen und der Arten untereinander, zum anderen aber auf der Notwendigkeit, sich auf Änderungen der Lebensbedingungen einzustellen: So kann das Wetter z. B. kälter, das Futter knapper werden, und diejenige Art wird die beste Überlebenschance haben, die sich solchen Veränderungen am besten anpassen kann. In dem „struggle for existence“, wie Darwin es anfänglich nannte, wird der Geeignete überleben. Dieses Konzept faßte Spencer in der griffigen und populär gewordenen Formulierung „survival of the fittest“ zusammen. Dies etwa waren die Gedanken, die Darwin im Sommer 1844 in einem etwas mehr als 200 handschriftlichen Seiten umfassenden Manuskript niedergelegt und einigen befreundeten Wissenschaftlern, darunter Lyell, und dem Botaniker Hooker zur Information zugeschickt hatte.

Diese drängten zur Veröffentlichung, doch Darwin lehnte dies als verfrüht ab. Seine Argumente schienen ihm noch nicht überzeugend genug, um eine der anerkannten Lehrmeinung so unerhört widersprechende Hypothese, wie seine Lehre von der Wandelbarkeit der Arten, in der Öffentlichkeit zu diskutieren. Unerhört erschien tatsächlich auch Darwin selbst seine Hypothese und noch nach dem Erscheinen des Werkes 1859 empfand er nicht Triumph, sondern unverhohlenen Unbehagen; ihm war, als habe er „einen Mord eingestehen müssen“. Daß in dem frühen Manuskript von 1844 dennoch die Evolutionstheorie im Prinzip schon vollständig ausgearbeitet und wissenschaftlich hinlänglich belegt war, hat Darwin durchaus empfunden und vorsorglich testamentarisch verfügt, dieses Manuskript durch geeignete Wissenschaftler auch ggf. posthum publizieren zu lassen; unter den angeführten Freunden, Lyell, Forbes, Henslow, Hooker und Strickland, schien ihm Hooker als der „bei weitem beste Mann“, das „Spezies-Buch“ (wie er es nannte) nach seinem Tode herauszugeben. Vorerst aber plante Darwin, das Manuskript zu einem auf viele Bände angelegten Werk mit einer gründlichen Erörterung aller Argumente für und wider seine Evolutionslehre und mit einer umfassenden Beispielsammlung auszuarbeiten. Hätte Darwin diesen Plan verwirklicht, hätte der überdimensionale Umfang das Werk leicht um jede Wirkung bringen können. Doch es kam anders!



Die Kleidervögel von Hawaii

Wenn auch in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die Evolutionslehre so fremd wie neu erscheinen mußte, war sie dennoch alles andere als ein verschrobenes Gedankengebäude eines Außenseiters. Die von Darwin gefundenen Argumente für die Wandelbarkeit der Arten und die Bedeutung der Selektion schienen sich in diesem Jahrhundert einem mit den Naturerscheinungen vertrauten Beobachter offenbar aufzudrängen. So kam es in den Jahren, in denen Darwin sein Manuskript zwar abfaßte, aber zunächst nicht veröffentlichte, zu einer abermaligen Entdeckung der Evolutionslehre, einer Entdeckung, die wie der zweite Einsatz eines Fugenthemas Darwins Weg an einer anderen Stelle der Erde kontrapunktisch imitierte:

Alfred R. Wallace, geboren 1823, war ein Darwin bekannter jüngerer Naturforscher. Er hatte 1848 eine Forschungsreise in das Amazonasgebiet unternommen und war, wie Darwin, von dem Reichtum der tropischen Pflanzenwelt tief beeindruckt. Während der Auswertung seiner von dort mitgebrachten Sammlungen, traf er im Britischen Museum sowohl mit Huxley, wie mit Darwin zusammen, traute sich aber nicht, den schon damals berühmten älteren Kollegen anzusprechen. Mit den Einnahmen seiner Reisebeschreibung konnte Wallace von Singapur aus eine achtjährige Expedition zu den Inseln des Malayischen Archipels finanzieren. Dort machte er bei der Beobachtung von Vögeln eine merkwürdige Entdeckung. Auf den Hawaii-Inseln waren ursprünglich nur 5 Gruppen von Vögeln als Kolonisten angesiedelt: Die Krähe, eine Fliegenschnepperart, eine Drosselart, ein Honigvogel und dann, als fünfte Art, eine zur Gruppe der Finken gehörender Kleidervogel. Auf Hawaii hatten sich die Kleidervögel nun zu einer Vielzahl von Formen entwickelt, die Wallace genau wie Darwin als spezialisierte neue Arten ansprach. 1855 publizierte er einen Aufsatz, in dem er eine Theorie der stufenweisen Veränderung aller Organismen aufstellte, und schickte diesen Aufsatz zusammen mit Gedanken über eine ihm vorschwebende Evolutionstheorie 1856 an Darwin. 1858 schrieb er auf einer der Molukken-Inseln einen zweiten Aufsatz „Über die Tendenz der Varietäten, unbegrenzt von dem Originaltypus abzuweichen“, in dem er auch mit dem Satz „Das Leben wilder Tiere ist ein Kampf ums Dasein“ das Konzept der Selektion aufgriff. Auch diesen Aufsatz schickte er zusammen mit einem weiteren Manuskriptentwurf nach Down. Darwin war einerseits fasziniert. Hatte er schon 1856 an Wallace über dessen ersten Aufsatz geschrieben: „Und ich denke wohl, Sie werden darin mit mir übereinstimmen, daß es sehr selten ist, jemand zu finden, welcher mit einem theoretischen Aufsatz eines anderen ziemlich vollständig übereinstimmt . . . in diesem Sommer werden es 20 Jahre (!), daß ich mein erstes Notizbuch anfang über die Frage, wie und auf welche Weise werden Spezies und Varietäten voneinander verschieden.“

Aber dies war mehr. Darwin an Lyell: „Ich habe niemals ein auffallenderes Zusammentreffen gesehen; wenn Wallace meine handschriftliche Skizze vom Jahre 1842 hätte, hätte er keinen besseren kürzeren Auszug machen können! Selbst seine Ausdrücke stehen jetzt als Überschriften vor meinen Kapiteln.“

War jetzt aber nicht gerade das eingetreten, wovon Lyell und Hooker ihn immer gewarnt hatten? War ihm nun nicht ein Jüngerer mit der Priorität der Entdeckung zugekommen? Waren ihm nun nicht die Hände gebunden, damit er sich nicht dem Verdacht eines Plagiats aussetzte und des Vertrauensbruchs gegenüber einem Jüngeren schuldig machte? Dies sah Darwin und war sofort bereit, auf seine eigene Veröffentlichung zu verzichten und dem Jüngeren das Recht der Priorität zuzusprechen. Lyell und Hooker aber wußten weniger extremen Rat: Sowohl der Manuskriptentwurf von Wallace wie eine Zusammenfassung der Gedanken Darwins sowie eine Kopie eines Briefes an den Botaniker Gray, in dem dieser von Darwin schon 1857 ähnlich wie Lyell und Hooker über seine Theorien informiert wurde, sollten von der Linnean-Society veröffentlicht werden. Gleichzeitig fand am 1. Juli 1858 die historische Sitzung der Linnean-Society in London statt. In dieser Sitzung trugen Lyell und Hooker – Wallace und Darwin nahmen nicht an dieser Sitzung teil – die kaum glaubliche Duplizität der Entdeckung des Artenwandels und der Rolle der Zuchtwahl vor, schilderten die Umstände, die zu diesem ungewöhnlichen Vorgehen geführt hatten, und erläuterten dann die Bedeutung der Lehre von Darwin und Wallace.

Wallace, der von Hooker brieflich über dieses Vorgehen informiert worden war, hatte sich offenbar voll damit einverstanden erklärt und zeitlebens neidlos das große Verdienst von Darwin anerkannt. Leider sind uns die Briefe zwischen ihm und Darwin aus der Zeit von 1858 nicht erhalten geblieben. Wir wissen aber aus späteren Briefen, wie sehr beide Forscher gegeneinander Hochachtung bewahrten und jeder die Verdienste des anderen, auch in der Öffentlichkeit stets hervorhob und würdigte. So schrieb Darwin einmal an Wallace:

„Sie müssen mir gestatten, Ihnen zu sagen, wie sehr ich die hochherzige Art bewundere, mit welcher Sie über mein Buch sprechen. Die meisten Personen würden wohl in Ihrer Lage etwas Neid oder Eifersucht empfunden haben. Wie prächtig frei von diesem gemeinen Fehler der Menschheit scheinen Sie zu sein. Sie sprechen aber viel zu bescheiden von sich selbst. Sie würden, wenn Sie freie Zeit gehabt hätten, die Arbeit genausogut, vielleicht noch besser getan haben, als ich sie gemacht habe . . .“

Wie um dies zu bestätigen, erschien 1891 ein Buch von Wallace, in dem dieser die Theorie von der Zuchtwahl unter dem Titel „Der Darwinismus“ umfassend und überzeugend darstellte. Der in der abendländischen Wissenschaft sonst so häufige, heillose und mit Leidenschaft um seiner selbst willen geführte Rang- und Prioritätenstreit blieb zwischen diesen beiden großen Männern aus!

Darwin allerdings konnte nun mit der Veröffentlichung seines Werkes nicht länger zögern. Er verfaßte einen Auszug aus dem so groß konzipierten Werk und vollendete den Band „nach 13 Monaten und 10 Tagen harter Arbeit“. Am 24. November 1859 erschien es unter dem Titel „On the origin of species by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggle for life“. Am Tage des Erscheinens war die Erstauflage bereits vergriffen und wenig später auch die zweite Auflage.

Nach Darwins eigenen Worten war dies „ohne Zweifel die Hauptarbeit“ seines Lebens und wie man hinzufügen kann, auch das am meisten gelesene und am heißesten umstrittene naturwissenschaftliche Werk seines Jahrhunderts. Da die Hauptpunkte von Darwins Lehre schon mehrfach genannt worden sind, sei hier nur eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen des Buches gegeben:

1. Die Arten der Tiere und Pflanzen sind nicht konstant, sondern sie unterliegen fortwährend kleinen Abänderungen.
2. Wie die Baupläne des Tier- und Pflanzenreiches zeigen, besteht zwischen Arten, Gattungen und Familien ein abgestufter Grad der Verwandtschaft.
3. Diese Verwandtschaft besteht nicht nur zwischen heute noch lebenden Arten, sondern ebenso zwischen heutigen und ausgestorbenen Arten, die wir nur als Fossilien kennen.
4. Die Abänderungen, denen die Arten unterliegen, können auf deren Nachkommen übertragen werden.
5. Jede Abänderung muß für das Überleben der Art einen Vor- oder Nachteil bedeuten.
6. Es besteht zwischen den Individuen, zwischen den Arten, zwischen den Gattungen, zwischen den Familien und Ordnungen ein unerbittlicher Konkurrenzkampf. Bei diesem Kampf werden sich kleinste Vorteile oder Nachteile auf das eigene Überleben oder doch zumindest auf die Fortpflanzung und damit auf das Überleben der Nachkommen positiv oder negativ auswirken.

Sehr ausführlich ging Darwin auf die Schwierigkeiten und auf die Gegenargumente gegen seine Lehre an. Hierfür drei Beispiele:

1. Ungelöst war die Frage, wie es zu den fortwährenden kleinen Änderungen bei den Arten kommt. Hier diskutierte Darwin ganz im Sinne von Lamarck, daß der Gebrauch oder Nichtgebrauch von Organen deren Entwicklung fördern oder hemmen, und daß eine solche Förderung oder Hemmung auf die Nachkommen übertragen werden könnte. Diese Hypothesen sind heute nur noch von historischem Interesse. Aber gerade hier wird deutlich, wie sehr Darwin mit seiner Lehre Neuland betreten hatte! So war z. B. über die Vererbung zu seiner Zeit noch nichts bekannt. Die Mendelschen Gesetze wurden erst 1865, und zwar an so entlegener Stelle veröffentlicht, daß sie weithin unbekannt blieben. Und auch eine andere in diesem Zusammenhang wichtige Erkenntnis, die Lehre von den Zellen als elementaren Bausteinen allen Lebens, wurde erst um die Zeit begründet und publiziert, als Darwin seine Theorie schon in ihren Grundzügen formuliert hatte.

2. Als weiteres Gegenargument nannte Darwin die Lückenhaftigkeit der geologischen Befunde. Hier erwiderte er, daß wir bei diesen Funden niemals eine vollständige Ahnengalerie, sondern nur eine vom Zufall abhängige Sammlung von Einzelstücken erwarten dürften. Außerdem würde wohl niemand bei dieser Lückenhaftigkeit echte Zwischenformen als sol-

che erkennen, sondern diese höchstwahrscheinlich als eigene Arten klassifizieren. In diesem Zusammenhang nannte er als eine Hauptschwierigkeit, daß wir „nur schwer an große Veränderungen glauben, deren einzelne Übergangsstufen wir nicht kennen“. In der Geologie sei es Lyell genauso gegangen. Unser Verstand könne kaum die volle Bedeutung des Ausdruckes „eine Million Jahre“ erfassen, noch weniger aber die Gesamtwirkung vieler geringer Abänderungen errechnen und überblicken, die während einer fast endlosen Zahl von Generationen angehäuft worden seien.

3. Die Annahme eines individuellen oder auch von mehreren individuellen Schöpfungsakten für die verschiedenen Spezies sei mit dem größten Teil seiner Beobachtungen nicht zu vereinbaren, wohl aber zwanglos mit der von ihm vorgeschlagenen Theorie der Entstehung der Arten durch Variation und Selektion.

Die Resonanz war in den Jahren unmittelbar nach 1859 in der gesamten Wissenschaft so heftig wie divergierend. Daß sich die Theologen entrüstet gegen die neue Lehre wandten, die sich so offenkundig gegen die buchstabengetreue Auslegung der Schöpfungsgeschichte richtete, war nur das konsequente Festhalten an der schon gegenüber Kopernikus und Galilei eingenommenen Haltung.

Zu diesem ersten, allgemeinen Punkt des Anstoßes kam aber ein noch viel gewichtigerer zweiter, spezieller Punkt, die schon 1860 von Bischof Wilberforce in dem berühmten Disput in Oxford Darwin unterstellte Behauptung, der Mensch stamme vom Affen ab (siehe den Beitrag von H. Altner in diesem Band). Der energischste Vertreter der menschlichen Abstammungslehre, E. Haeckel, hatte erst 4 Jahre nach Darwins Veröffentlichung (1863) in Stettin bei der Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte als Konsequenz der Darwinschen Lehre die These herausgestellt, daß der Mensch „keine Ausnahme macht, was seine Abstammung und die Entstehung der Spezies anbelangt“. Zu diesem heiklen Komplex hatte sich Darwin in dem Buch über die Entstehung der Arten nur mit einem einzigen, vorsichtig andeutenden Satz geäußert und sein drittes Hauptwerk, „The decent of man“, erst 1871 veröffentlicht.

Aber noch ein dritter und letzter Punkt in der Lehre Darwins wurde kontrovers diskutiert: Es ist das Postulat der natürlichen Zuchtwahl, das an die Stelle der planmäßigen Schöpfung das Zusammenspiel des planlosen Zufalls in Verbindung mit dem Kausalgesetz treten läßt. Damit waren alle auf teleologischer Argumentation beruhenden Theorien unhaltbar geworden, was z. B. Engels und Marx lebhaft begrüßten, Nietzsche aber zu dem Wort über die „Darwinisten und Antiteleologen“ reizte, die nichts als „physiologische Arbeiter mit ihrem Prinzip der kleinstmöglichen Kraft und der größtmöglichen Dummheit“ seien. Doch selbst die Fachkollegen und Freunde Darwins, auch wenn sie der Wandelbarkeit der Arten und der Begründung natürlicher Verwandtschaftssysteme im Tier- und Pflanzenreich voll zustimmten, standen der Theorie der natürlichen Zuchtwahl zunächst überwiegend ablehnend gegenüber. Und noch in unserem Jahrhundert hatten bedeutende Biologen, wie P. Buchner oder Portmann wahrscheinlichkeits-theoretische Bedenken gegen das alleinige Wirken des

Zufalls, wie es in der sog. neodarwinistischen Schule vertreten wurde. Portmann mutete die Lehre von den zufälligen Veränderungen durch Mutation und die durch Selektion entstehende Fortentwicklung von Arten so an, als ob man aus einem Sack Buchstaben so lange auf den Boden schüttele, bis ein Gedicht herauskäme. Bei dieser Art der Kritik ist der Zufallsbegriff sicher zu eng gefaßt. Wie sich aus den neueren Hypothesen von Manfred Eigen ergibt, kann der Zufall im Rahmen der Evolution durchaus komplexe innere Gesetzmäßigkeiten aufweisen. Aus erkenntnistheoretischer Sicht kritisierte Popper, daß die so eingängige These des „survival of the fittest“ im Grunde nur in den Bereich der logischen Selbstverständlichkeit gehöre und nicht recht eigentlich etwas erkläre. Wenn man das Kriterium des Überlebens als Maß für die Güte der Anpassung nähme, bedeutete der Satz vom „survival of the fittest“ im Grunde eine Tautologie. Solchen einzelnen Einwänden gegenüber steht jedoch unter den Biologen unserer Zeit die einhellige Zustimmung zur Abstammungslehre, die Konrad Lorenz so formuliert: „In der Geschichte menschlichen Wissensfortschrittes hat sich noch nie die von einem einzigen Manne aufgestellte Lehre unter dem Kreuzfeuer von Tausenden unabhängiger und von den verschiedensten Richtungen her angestellter Proben so restlos als wahr erwiesen wie die Abstammungslehre Charles Darwins.“

Darwin selbst hat in den turbulenten Auseinandersetzungen um sein Hauptwerk jede emotionale Reaktion oder Polemik vermieden, hat Gegeneinwände, auch wenn sie noch so geringfügig schienen, auf das sorgfältigste geprüft und wenn möglich in späteren Auflagen berücksichtigt. Und bei Lobreden seiner Freunde wehrte er mit der für ihn charakteristischen Bescheidenheit ab: „Wir ahnen ja gar nicht, wie wenig wir überhaupt wissen.“

Darum war er beim Publizieren überaus vorsichtig und, wie er in einem Gespräch zu Anton Dohrn sagte, außerordentlich langsam. Stieß er auf ein wissenschaftliches Problem, begann er stets mit A-priori-Lösungen. Er hatte nach seinen eigenen Worten gewöhnlich Hunderte von Hypothesen, bevor er die Fakten zusammentrug, um Hypothese für Hypothese daran zu prüfen, bis er diejenige fand, die mit allen Beobachtungen vereinbar war. Sein Denken war fern von dürrer Abstraktion. Wir können den Forscher und Menschen Darwin am schönsten in den Schlußsätzen seines Buches über die Entstehung der Arten erkennen:

„Wie anziehend ist es, ein mit verschiedenen Pflanzen bedecktes Stückchen Land zu betrachten, mit singenden Vögeln in den Büschen, mit zahlreichen Insekten, die durch die Luft schwirren, mit Würmern, die in den feuchten Boden kriechen, und sich dabei zu überlegen, daß all diese so kunstvoll gebauten, so sehr verschiedenen und doch in so verzwickter Weise voneinander abhängigen Geschöpfe durch Gesetze erzeugt worden sind, die noch rings um uns wirken . . . Aus dem Kampf der Natur, aus Hunger und Tod geht also unmittelbar das Höchste hervor, das wir uns vorstellen können: die Erzeugung immer höherer und vollkommenerer Wesen. Es ist wahrlich etwas Erhabenes um die Auffassung, daß der Schöpfer den Keim allen Lebens, das uns umgibt, nur wenigen oder gar

nur einer einzigen Form eingehaucht hat und daß, während sich unsere Erde nach den Gesetzen der Schwerkraft im Kreis bewegt, aus einem so schlichten Anfang eine unendliche Zahl der schönsten und wunderbarsten Formen entstand und noch weiter entsteht.“

Am 19. April 1882 starb Darwin. Er wurde in der Westminster Abtei beigesetzt, nur wenige Schritte entfernt von dem Grab Newtons. Heute, 100 Jahre später, beginnen wir die berechnete Symbolik dieser Nähe zu verstehen.

Anmerkungen

Die wörtlichen Zitate aus der Selbstbiographie, den Tagebüchern und Briefen wurden aus folgenden beiden Biographien entnommen:

von *Wyss, W.*: Charles Darwin – Ein Forscherleben, Zürich und Stuttgart, Artemis-Verlag, 1948

Hemleben, J.: Charles Darwin in Selbstzeugnissen und Bilddokumenten, Reinbek, Rowohlt Verlag, 1968.

Die auf die Weltumsegelung bezüglichen Zitate wurden entnommen aus:

Darwin, Ch.: Reise eines Naturforschers um die Welt, herausgegeben von G. A. Narciss, nach der Ausgabe von 1875 in der Übersetzung von J. V. Carus. Stuttgart, Steingrüben Verlag, 1962.

Der Abschnitt zum Hauptwerk Darwins stützt sich auf:

Darwin, Ch.: Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl. Übersetzung von C. W. Neumann. Stuttgart, Reclam Verlag, 1963 sowie

Altner, G.: Der Darwinismus – Die Geschichte einer Theorie. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1981.

Abbildungsnachweis

Abbildung 1 und 2: Urwälder am Amazonas, Columbus-Verlag.

Abbildung 3: W. von WYSS a. a. O.

Abbildung 4 und 5. I. Eibl-Eibelsfeld: Galapagos (München und Zürich) R. Piper & Co., 1977.

„LICHT WIRD FALLEN AUF DIE HERKUNFT DES MENSCHEN“:
DAS BILD DES MENSCHEN IM BLICK DER EVOLUTIONS-
THEORIE

*I feel most deeply that the whole subject
is too profound for the human intellect.
A dog might as well speculate on the mind
of Newton.*

Charles Darwin an Asa Gray (1860)

Am Samstag, dem 30. Juni 1860, fand in Oxford das berühmt gewordene Treffen der British Association statt, in dessen Verlauf es zu einer heftigen Kontroverse über die Evolutionstheorie Darwins kam. Bischof Wilberforce griff Thomas Henry Huxley an, der die Position Darwins zu verteidigen übernommen hatte: „Ich möchte Professor Huxley, der hier neben mir sitzt und mich wohl in Stücke reißen wird, wenn ich mich wieder setze, fragen, wie es nun mit seinem Glauben steht, vom Affen abzustammen. Ist es die großväterliche Linie oder die großmütterliche, über die die Affen bei ihm hineinkommen?“ „Der Herr hat ihn in meine Hände gegeben“ soll Huxley daraufhin gemurmelt haben, bevor er diesen Angriff sarkastisch zurückwies. Das öffentliche Aufsehen war immens. Hunderte hatten in den Vortragssaal gedrängt und die Veranstaltung hatte in einen anderen Raum verlegt werden müssen¹. Die Presse griff die Auseinandersetzung begeistert auf: Der Bischof wurde als „Soapy Sam“ (seifiger Samuel) karikiert; T. H. Huxley als „Bulldogge Darwins“.

Dies sind bizarre Randerscheinungen einer wichtigen wissenschaftlichen Auseinandersetzung, die sich bis heute fortgesetzt hat. In diesem Jahr hat der englische Anthropologe Edmund R. Leach (im Rahmen eines Symposiums derselben British Association) unter der Überschrift „Men, bishops and apes“ eine Standortbestimmung versucht².

Hatte Darwin den Streit in dieser Heftigkeit provoziert? Ein Jahr vor der Auseinandersetzung in Oxford war sein Werk „Über den Ursprung der Arten durch natürliche Auslese“ erschienen³. In diesem Buch enthält sich Darwin fast völlig seiner Anspielungen auf den Menschen. Im Schlußkapitel finden sich die dürren Worte „Licht wird fallen auf die Herkunft des Menschen und seine Geschichte“. Mehr nicht?

Freilich war Darwin nicht so kurzichtig, die Folgerungen seiner Gedanken für das Selbstverständnis des Menschen zu übersehen. Schon in einem Notizbuch aus dem Jahr 1837 schreibt er: „Meine Theorie dürfte die vergleichende Anatomie . . . anregen; sie dürfte zur Untersuchung der Instinkte, der Erblichkeit, auch der Erblichkeit des Geistigen führen, der gesamten Metaphysik . . .“⁴. Und vor dem eben zitierten Satz aus der „Entstehung der Arten“ schreibt er: „Für die weitere Zukunft sehe ich Ansatzpunkte für weit wichtigere Forschungsgebiete. Die Psychologie wird eine

neue Grundlage erhalten. Es wird zu berücksichtigen sein, daß alle Fähigkeiten und Kräfte des Geistes über eine Folge von Stufen erworben worden sind⁵. Es mag nützlich sein, an dieser Stelle zu betonen, daß es wohl nicht zutrifft, daß Darwin auf so starke Ablehnung stieß, weil er behauptet hat, daß der Mensch vom Affen abstamme bzw. daß alle sogenannten höheren Arten von niederen abstammen. Stegmüller hebt – in Übereinstimmung mit Popper – hervor, „das eigentliche Ärgernis (sei) die nur von Darwin stammende Idee (gewesen), daß die Evolution kein zielstrebiges Prozeß ist, der nach festem Plan abläuft“⁶.

Gleichwohl war die Unruhe über die anthropologischen Aspekte seiner Theorie groß. Darwin selbst hat in zwei Büchern versucht, das Bild des Menschen nach seiner Theorie zu ergänzen. Im Jahr 1871 erschien „Die Abstammung des Menschen“⁷, im folgenden Jahr „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei Menschen und Tieren“⁸.

Die Evolutionstheorie bietet uns Antworten auf zunächst 2 Fragen an. Woher kommt der Mensch? Und: wenn die Evolution in der Ausbildung von Anpassung besteht – worin liegen die Anpassungen des Menschen? Welchen Lebensspielraum begrenzen sie? Antworten auf die erste Frage eröffnen einen Blick in die Vergangenheit des Menschen. Antworten auf die zweite Frage können dazu beitragen, die gegenwärtige Situation des Menschen besser zu verstehen. Bleibt die Zukunft. Kann die Evolutionstheorie dem Menschen helfen, die Zukunft zu bewältigen? Mit diesen drei Fragen wollen wir uns im Folgenden befassen.

I.

Woher kommt der Mensch? In der Diskussion über die Herkunft des Menschen war es stets klar, daß der Mensch nicht von heute lebenden Affen abstammen könne. Vielmehr mußten beide gemeinsame Vorfahren haben. Besonders deutlich hat dies Ernst Haeckel hervorgehoben, der temperamentvolle Vertreter der neuen Theorie in Deutschland⁹.

Haeckel wurde 1834 in Potsdam geboren. Auf Wunsch des Vaters studierte er Medizin. Er geht 1852 nach Würzburg, wo sich in der Anatomie mit Kölliker, Leydig und Virchow ein glänzendes Forschertrio zusammengefunden hatte – keiner älter als 35 Jahre. Und welche Gegensätze trafen nun aufeinander: Virchow, der kühle, auf Objektivität bedachte Zellforscher – Haeckel der gärende, ungestüme Beobachter, der stets geneigt war, seine Erkenntnisse in eine aggressive Weltanschauung zu verlängern. Welcher Unterschied auch gegenüber dem von Haeckel so verehrten Darwin: dieser zurückhaltend vorsichtig, dem Streit aus dem Wege gehend, jener stets bereit zur offenen Konfrontation. Werner Heisenberg beginnt das Vorwort zu seinem Buch „Der Teil und das Ganze“ mit dem Satz: „Wissenschaft wird von Menschen gemacht“¹⁰. Ein überaus treffendes Motto auch für eine Darstellung der Geschichte der Evolutionstheorie!

Haeckel wird 1856 „königlich bayerischer Assistent“ bei Virchow, 1858 approbierter Arzt. Diesen Beruf übt er aber nicht aus. Vielmehr wirft er sich auf Untersuchungen über die Struktur von Meeresorganismen. Seine

Arbeiten erregen Aufsehen und Bewunderung. Mit 28 Jahren wird er 1862 Professor in Jena¹¹. Im folgenden Jahr hält er auf der 38. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte einen leidenschaftlichen Vortrag über Darwins Entwicklungstheorie. Er sagt: „Was uns Menschen betrifft, so hätten wir also konsequenterweise, als die höchst organisierten Wirbeltiere, unsere uralten gemeinsamen Vorfahren in affenähnlichen Säugetieren, weiterhin in känguruhartigen Beuteltieren, noch weiter hinauf in . . . eidechsenartigen Reptilien und endlich in noch früherer Zeit . . . in niedrig organisierten Fischen zu suchen“⁹. Mit diesen Worten wird ein stammesgeschichtlicher Zusammenhang entworfen. In einem Stammbaumbild lassen sich die Verbindungen anschaulich darstellen. Von Haeckel stammen die ersten Stammbäume, die den Verwandtschaftszusammenhang der Lebewesen erläutern (Abb. 1). Damit ist der Grundstein zu einem natürlichen System gelegt, einem System, dessen Einteilungsprinzipien den stammesgeschichtlichen Zusammenhängen folgen.

Haeckel hat einen sehr wichtigen Beitrag zur Aufdeckung solcher Zusammenhänge geleistet. Er hat entdeckt, daß in der Entwicklung von Angehörigen ganz verschiedener Arten übereinstimmende Merkmale auftreten. Bei den einen bleiben solche Anlagen erhalten und werden — man möchte sagen: programmgemäß — weiterentwickelt. Bei den anderen werden sie umgestaltet oder rückgebildet. So treten in der Entwicklung sowohl der Amphibien wie der Säugetiere, auch des Menschen, Schlundtaschen auf: Während bei Amphibien aus ihnen Kiemen hervorgehen, bilden sie sich beim Menschen weitgehend zurück. Ein Teil des Gewebes wird beim Menschen in die später entstehenden „branchiogenen Organe“, wie z. B. Nebenschilddrüse und Thymusdrüse, einbezogen. Das Studium der individuellen Entwicklung, der Ontogenie, kann also Aufschluß über Evolutionszusammenhänge liefern.

Mit besonderem Nachdruck hat sich Haeckel bemüht, die Stammesgeschichte des Menschen zu rekonstruieren. Dabei ging es auch um die Deutung der seinerzeit schon bekannten fossilen Menschenformen. Der erste Neandertaler war schon 1848 auf Gibraltar gefunden worden. Der bekannte Düsseldorfer Fund stammt aus dem Jahr 1856. Haeckel hat ihn als möglichen Vorläufer des heutigen Menschen begriffen. Nicht so sein ehemaliger Lehrer Virchow. Er hielt ihn für einen Menschen, der in seiner Jugend an Rachitis und im Alter an Gicht gelitten habe. Es entspann sich eine außerordentlich unerfreuliche Kontroverse. Der große Virchow — in diesem Punkt im Irrtum — ließ sich schließlich 1878 zu einer öffentlichen Kritik herbei, die in wissenschaftspolitische Forderungen mündete. Aus der Sicht Haeckels liest sich das so: „Virchow . . . hielt dann (auf dringendes Verlangen hoher und einflußreicher Kreise) am 22. September seine berühmte Gegenrede über „die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staate“. Die Tendenz dieser Rede lief darauf hinaus, daß diese Freiheit beschränkt werden müsse; die Abstammungslehre sei eine unbewiesene Hypothese und sie dürfe nicht in der Schule gelehrt werden, denn sie sei staatsgefährlich . . . Die Krone aber setzte dieser reaktionären Rede sein Kompromiß mit der Kirche auf, die er 20 Jahre früher auf das entschied-

Stammbaum des Menschen.

Taf. XII.

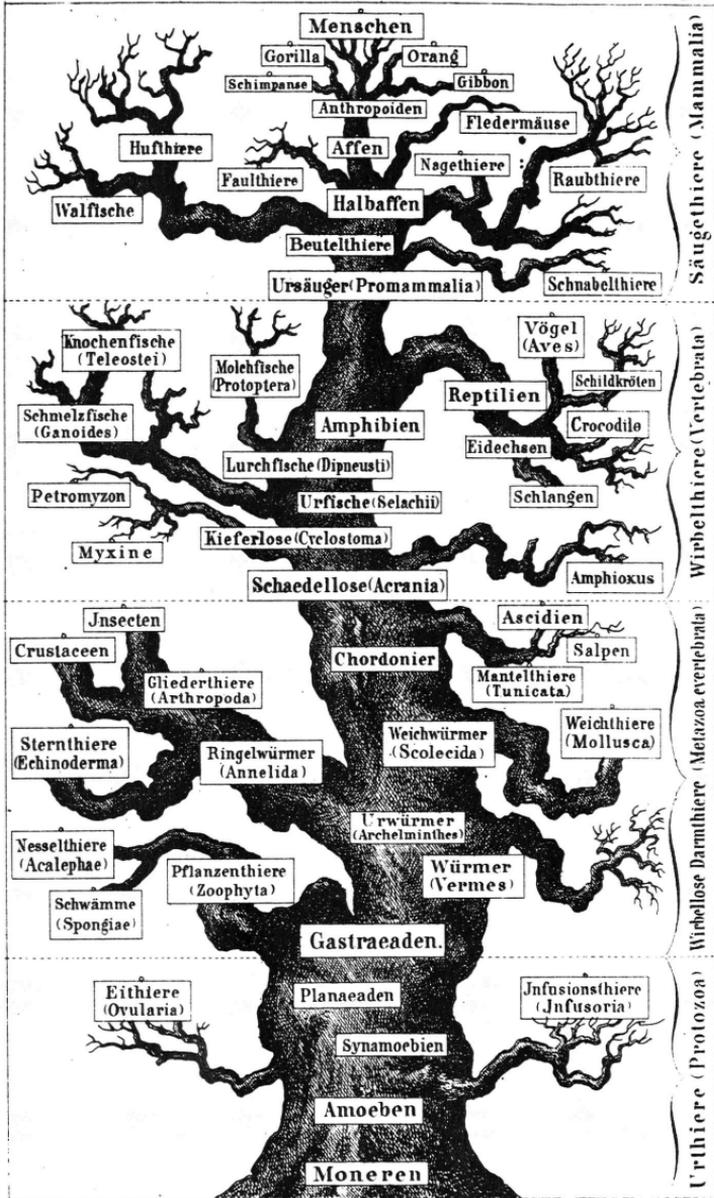


Abbildung 1:
 Von Ernst Haeckel entworfener Stammbaum des Menschen. Aus: Haeckel, E.: Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen (Tafel XII, p. 496). W. Engelmann, Leipzig 1874.

denste bekämpft hatte; mit kühlen Worten findet er „die einzig sicheren Grundlagen des Unterrichts in der Kirchenreligion...“¹². Virchow war immerhin so weit gegangen, der von Haeckel vorgetragene Abstammungslehre eine „sozialistische Tendenz“ zu unterstellen⁹.

Nun aber war die Atmosphäre schon seit Jahren dadurch vergiftet, daß Haeckel in seinen Äußerungen weit über das naturwissenschaftlich Fundierte hinausgegangen war. Er hatte versucht, auf der Grundlage der Evolutionstheorie eine monistische Naturphilosophie zu entwerfen, eine Weltanschauung, die sich Aussagen der Theologie, Philosophie und Psychologie entgegenstemmte, ohne sich wirklich auf eine sachliche Argumentation einzulassen. So geradlinig und offen Haeckels Vorstöße auch waren, ihnen fehlte die Kompetenz. Dennoch hatten Haeckels Gedanken eine starke Wirkung. Seine Bücher erreichten enorme Auflagen. Sein Werk „Die Welträtsel“, 1899 erschienen, war bis 1925 in fast einer halben Million Exemplaren verbreitet.

Da ist es verständlich, daß nicht alle Zeitgenossen so gelassen reagierten wie Haeckels Landesfürst, der Großherzog von Weimar. Der soll Haeckel einmal den Rat gegeben haben: „So etwas denkt man wohl, mein lieber Professor, aber man läßt es nicht drucken!“⁹.

Das fossile Beweismaterial zu Haeckels Zeiten war dürftig. Wir haben inzwischen eine beeindruckende Fülle von Resten, die es erlauben, verschwundene Vorläufer des heutigen Menschen zu rekonstruieren. Nicht nur das. Wir können die Funde auch recht genau datieren. Wir verfügen über Fundstücke, die es erlauben, vorsichtige Angaben über die Lebensbedingungen dieser Vorläufer zu machen. Ich möchte nun nicht die historische Entwicklung des heutigen Konzepts nachzeichnen, sondern nur den gegenwärtigen Stand unseres Wissens skizzieren.

Der Mensch wird zur Säugetierordnung der Primaten gestellt. Hierzu gehört die Vielfalt der heute lebenden Affen. Die Zoologen ordnen sie in 13 Familien. Zwei von ihnen stehen uns besonders nahe, die Gibbons und die Menschenaffen, die Pongiden. In der 14. Primatenfamilie, der der Hominiden, finden wir heute nur den Menschen. Eine jede Familie läßt sich aufgrund körperlicher Merkmale definieren. Zu den morphologischen Kennzeichen des heutigen Menschen gehören u. a. die aufrechte Körperhaltung und der Gang auf den Hinterextremitäten, die besondere Größe des Gehirns, eine charakteristische Ausbildung des Gebisses und die Haarlosigkeit. Es muß nicht besonders betont werden, daß hier die spezifische menschliche Form der Zweibeinigkeit gemeint ist. Bipedie ist im Tierreich mehrfach entstanden, so z. B. auch bei den Känguruhs. Zu diesen anatomischen Kennzeichen kommt eine Reihe von Verhaltensmerkmalen hinzu. Möglicherweise kommt Eigentümlichkeiten des menschlichen Fortpflanzungsverhaltens eine besondere evolutive Bedeutung zu¹³. Im folgenden wird nur das Merkmal des Werkzeuggebrauchs bevorzugt behandelt, weil Werkzeuggebrauch auch fossil nachweisbar ist.

Wie weit lassen sich die genannten Merkmale nun zurückverfolgen? Wo verlieren sich die Konturen? Die ersten Wesen, die als Vertreter einer eigenen Hominiden-Entwicklungslinie angesehen werden, lebten vor

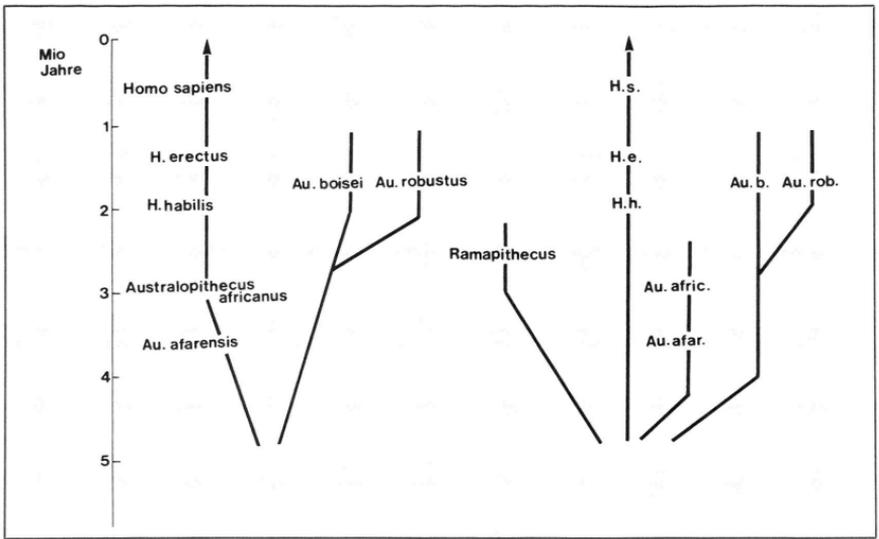


Abbildung 2:

Zwei aktuelle Vorstellungen über den stammesgeschichtlichen Zusammenhang der verschiedenen Hominidenformen (vgl. Text). (Nach J. E. Cronin et al. 16).



Abbildung 3:

Schädel eines Australopithecinen (Sterkfontein). Im Vergleich zu fortgeschrittenen Hominiden fallen die flache Wölbung des Gehirnschädels und die vorspringende Kieferpartie auf. (Nach R. Leakey 14).

10–14 Millionen Jahren¹⁴. Aus dieser Zeit kennen wir eine vielgestaltige Primatengruppe, die Dryopithecinen. In dieser Gruppe weisen zwei Formen hominide Züge auf, Ramapithecus und Kenyapithecus. Die Fundstücke stammen aus Nordwestindien und aus Ostafrika. Sie lassen viele Fragen unbeantwortet. Gleichwohl läßt sich aus der Kieferstruktur auf ein hominides Erscheinungsbild schließen.

Auf diese bisher frühesten Hominiden folgt eine Lücke in der fossilen Dokumentation. Diese Lücke ist rund 6 Millionen Jahre groß. Wir müssen sie vorläufig hinnehmen. Auf sie folgt aber eine – fast verwirrende – Fülle von Hominidenresten (Abb. 2). Die ältesten sind rund 4 Millionen Jahre alt. Sie stammen aus Äthiopien (Hadar) und Tansania (Laetoli)¹⁵.

Weitere Funde aus Ostafrika schließen sich an – neuere Entdeckungen vor allem von den Ufern des Turkana-Sees, dazu Fossilmaterial aus Südafrika und Asien. Die Auswertung ergibt: Vor zwei Millionen Jahren lebten offensichtlich gleichzeitig drei Hominidenformen. Zwei werden zur Gattung Australopithecus gestellt (Abb. 3); die dritte ähnelt schon so sehr dem heutigen Menschen, daß sie der Gattung Homo zugeordnet wird. Sie hat den Namen Homo habilis erhalten.

Eine Million Jahre später hat sich das Bild wieder gewandelt: In Afrika und Asien lebt eine neue Menschenform, der Homo erectus. Die Australopithecinen sind verschwunden. Dieser Homo erectus läßt sich über einen Zeitraum von insgesamt etwa 1 Million Jahren nachweisen. Die letzten typischen Vertreter dieser Art haben vor gut 500 000 Jahren gelebt. Danach finden wir – nun auch in Europa – Formen, die Züge des sapiens-Menschen tragen, aber auch noch erectus-Merkmale aufweisen. Die Fossildokumentation läßt die Deutung zu, daß sich hier ein Übergang vollzogen hat. Unsere wissenschaftliche Nomenklatur zerschneidet die wahrscheinliche stammesgeschichtliche Kontinuität in zwei Arten.

Der schon erwähnte Neandertaler gehört in die jüngste Vergangenheit. Er wird als Unterart des sapiens-Menschen aufgefaßt und lebte während der letzten Eiszeit, der Würmeiszeit, in einem begrenzten Gebiet – in Westeuropa, Nordafrika und Westasien. Nur etwa über 100 000 Jahre sind Neandertaler nachweisbar.

Die Namensgebung darf – wie wir bereits betont haben, nicht so verstanden werden, als handle es sich um ein einheitliches, leicht klassifizierbares Fundmaterial. Vielmehr gibt es eine erhebliche Variabilität und es gibt Übergänge. Das ist erst kürzlich wieder sorgfältig dargelegt worden, als zwei amerikanische Forscher die Frage gestellt hatten, ob in der Entwicklung des Menschen nicht doch Ruhephasen und Zeiten rapideren Fortschrittes abgewechselt hätten¹⁶.

Welche Veränderungen haben nun in der Hominiden-Evolution stattgefunden? Sicher eine Größenzunahme. Die Australopithecinen wurden nur etwa 1,5 m groß. Das zeigen die Skelettreste ebenso wie die erst kürzlich entdeckten Fußspuren, die in erhärteter Asche in Laetoli entdeckt wurden¹⁷. Dort hatte vor etwa 3,6 Millionen Jahren der Vulkan Sadiman schon einige Zeit Asche ausgeworfen. Offenbar war es am Ende der trockenen Jahreszeit. Jedenfalls ging auf dem staubigen Aschenboden ein Re-

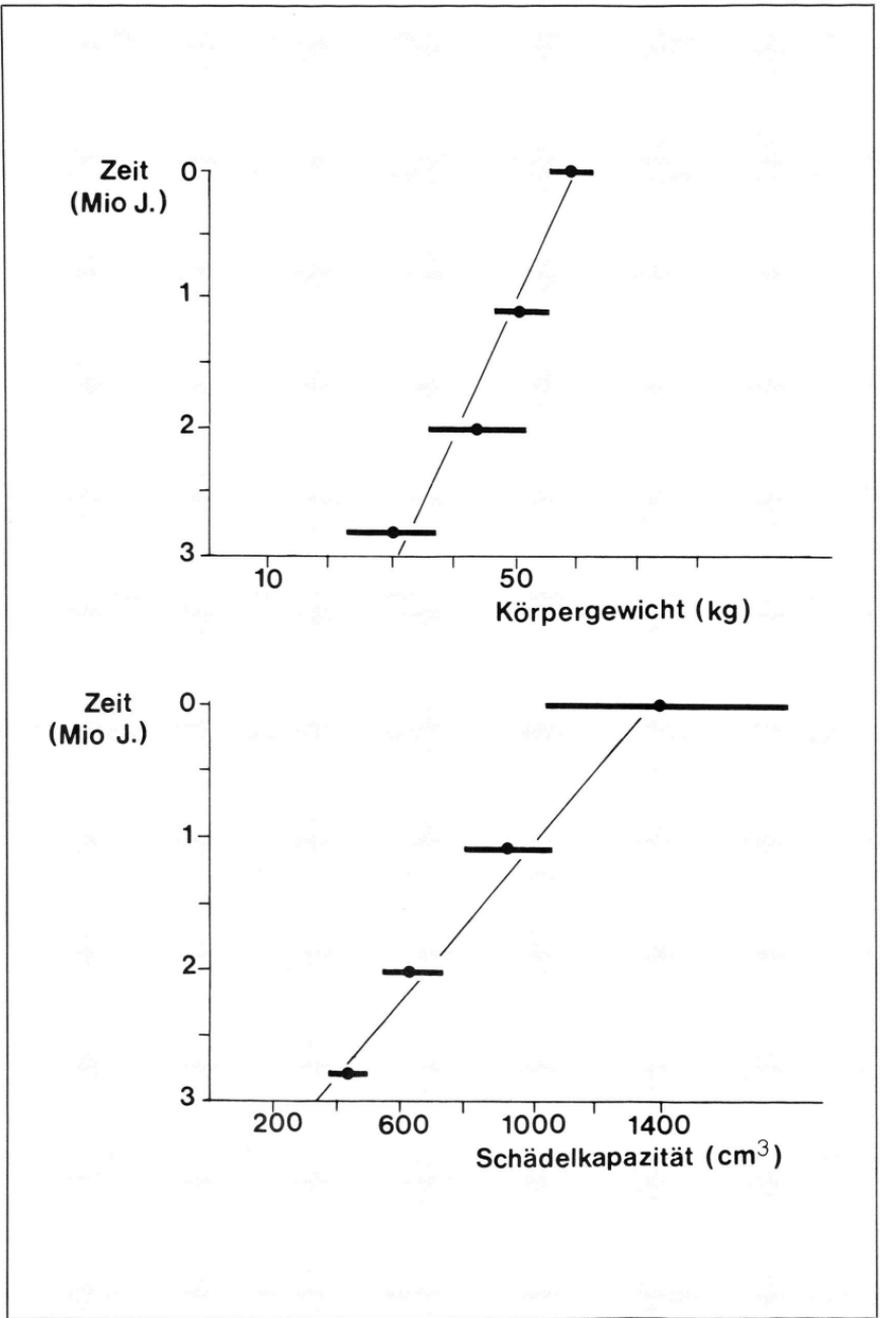


Abbildung 4:
Zunahme des Körpergewichts (oben) und des Gehirnschädelvolumens (unten) in der Evolution des Menschen (Nach J. E. Cronin et al. 16).

genguß nieder. Noch bevor die nachfolgende Sonne die aufgeweichte Asche zementartig verfestigen konnte, zogen drei Urmenschen über den aufgeweichten Boden: ein großes Individuum, gefolgt von einem kleineren, das seine Füße in die Spuren des ersten setzte. Schließlich hüpfte ein Kind neben oder hinter den beiden her, das sich an einer Stelle abwandte, um nach links zu blicken. Die Fußspuren beweisen, was zuvor nur aus Skelettmerkmalen abgeleitet aber gleichwohl überzeugend behauptet worden war: die Bipedie der frühen Australopithecinen.

Besonders hervorzuheben sind zwei weitere Entwicklungstrends: eine stete Zunahme der Gehirngröße und wachsende Fertigkeit bei der Herstellung von Geräten.

Natürlich ist die Gehirngröße an Fossilmaterial nicht direkt meßbar; wir erfassen nur die Zunahme des Hirnschädelvolumens. Wir müssen zugleich einschränken, daß Volumenangaben wenig über die Leistungsfähigkeit eines Nervensystems aussagen. Sie lassen sich nur als sehr grober Indikator verstehen. (Auch der Unterschied in der durchschnittlichen Gehirngröße von Männern und Frauen – 1466 cm³ bei ersteren, 1330 cm³ bei letzteren¹⁸, kann ja kaum als Ausdruck entsprechender Leistungsunterschiede interpretiert werden). So verwundert es nicht allzu sehr, daß die mittlere Schädelkapazität des Neandertalers über den entsprechenden Durchschnittswerten für den modernen Menschen lag. Der Mann von La Chapelle weist ein Hirnschädelvolumen von 1600 cm³ auf.

Die Zunahme des Hirnschädelvolumens in der Hominidenreihe ist allerdings beeindruckend (Abb. 4). Bei den grazileren Australopithecinen messen wir Werte unter 500 cm³; für *Homo habilis* werden Werte zwischen 509 und 752 cm³ genannt, für *Homo erectus* Werte zwischen 727 und 1225 cm³.

Als Geräte werden Werkzeuge bezeichnet, die mit Hilfe anderer Werkzeuge angefertigt werden. Die ältesten Steingeräte, die bisher identifiziert wurden, sind etwa 2,6 Millionen Jahre alt. Es handelt sich um grobe Faustkeile, die nur wenig bearbeitet waren. Bei ihrer Herstellung sprangen scharfe Splitter ab, die wohl als Klingen benutzt wurden. Wozu dienten diese Werkzeuge? Es ist viel darüber diskutiert worden, ob aus dem Nebeneinander von solchen Werkzeugen und Tierknochen auf eine jagende Lebensweise geschlossen werden darf.

Wie schwierig die Einschätzung von Funden ist, zeigt folgende Situation. In der ostafrikanischen Dornbuschsteppe unweit des Turkana-Sees liegt die „Fundstelle 50“. Hier fand sich neben Steingeräten eine große Menge von Tierknochen, Reste von Nilpferden, zebraähnlichen Unpaarhufern, Antilopen und anderen Tieren. Diese Knochen, vor allem auch die großen Extremitätenknochen waren dabei nicht unversehrt, sondern in Stücke mit scharfen Bruchkanten zerschlagen – von früheren Hominiden zerschlagen, die das Knochenmark entnommen haben? Dieser euphorischen Interpretation läßt sich entgegenhalten, daß die Bruchstücke auch durch irgendwelche Naturkräfte entstanden sein könnten, z. B. durch geröllführendes Wasser. Oder durch die Zähne von Raubtieren wie von Hyänen, die ebenfalls das Knochenmark schätzen. Immerhin eröffnen

auch die Angehörigen des San-Stammes in Botswana Knochen durch Steinschläge, wobei ganz ähnliche Bruchstücke entstehen. Vergleichbare Fragmente haben auch Anthropologen mit Steinwerkzeugen und Knochen in Simulationsexperimenten erzeugt. Mittlerweile gibt es rezente Fachleute, die frühhominide Geräteherstellung und Geräteanwendung perfekt beherrschen!

Eine klare Entscheidung zugunsten der Hominiden scheint möglich, seit an einigen Knochen Schnittspuren erkannt wurden, die typischerweise beim Abfleischen entstehen und die nicht einfach als Folge einer Materialumlagerung oder eines Raubtierbisses erklärt werden können¹⁴. Wie in einer Glosse in der Zeitschrift *Science* kürzlich festgestellt wurde, ist unter den Hominiden-Paläontologen nun ein wahres „Schnittspurenfieber“ ausgebrochen. Neuerdings sind Schnittspuren an Knochenstellen gefunden worden, an denen kein Fleisch zu gewinnen war, allenfalls Sehnen oder Haut. Einer der Untersucher meinte: „Entweder waren diese Brüder nicht clever genug zu wissen, wo das Fleisch war, was man kaum annehmen kann, oder sie interessierten sich für etwas anderes als Fleisch“¹⁹.

Mit noch wesentlich subtileren Untersuchungen an den aufgefundenen Gebißresten versucht man z. Zt. den Speisezettel der frühen Hominiden zu rekonstruieren – und über den Speisezettel die Lebensweise.

Hier stellt sich eine grundsätzliche Frage: Lassen sich die frühen Menschen als an einen speziellen Lebensraum spezifisch angepaßt verstehen? Die Evolutionstheorie sagt doch aus, daß Anpassung das Ergebnis evolutionen Wandels sei. Was Anpassung bedeutet, ist nicht zuletzt an den uns so nahe stehenden Pongiden, den Menschenaffen, zu sehen. So ist der Orang Utan an das Leben im tropischen Regenwald hervorragend angepaßt. Das zeigen u. a. Länge und Baueigentümlichkeiten seiner Extremitäten.

Zum Thema Anpassung wird im Fall der Hominiden heute meist die folgende Argumentation vorgetragen: Am Anfang stand die Aufrichtung des Körpers, die Bipedie. Damit könnte ein Übergang vom Leben im dichten Wald zum Leben im offenen Waldland und schließlich in Savanne und Grasland möglich geworden sein. In einem solchen offenen Lebensraum dürften die Australopithecinen gelebt haben. Die von der Fortbewegungsfunktion frei gewordenen Hände erlaubten nun einen differenzierten Einsatz bei der Nahrungsaufnahme. Wahrscheinlich wurde zuerst eine überwiegend pflanzliche Nahrung verwertet, möglicherweise bevorzugt Grassamen, die mit den exakt zugreifenden Fingern erfolgreich eingesammelt werden konnten. Dann aber – wir haben an Hand der Werkzeuge davon gesprochen – gewann tierische Nahrung an Bedeutung. Für deren Erwerb sind Voraussetzungen im Verhalten anzunehmen: Kooperation bei der Jagd und bei der Aufteilung der Beute, d. h. geeignete Sozialstrukturen, möglicherweise Territorialität; und eben eine Gerätetradition, die wiederum ohne die frei einsetzbaren Hände und ohne ein produktives Gehirn kaum denkbar ist.

Ist das nun eine Anpassung an einen bestimmten Lebensraum? Doch kaum. Auf diese Einsicht zielt auch die Kritik von Edmund R. Leach²: „Was hierzu in den letzten Jahren geschrieben worden ist, scheint mir er-

stauulich naiv. Wenn die ersten Menschen daran angepaßt waren, in afrikanischen Savannen zu leben, wie konnten dann ihre Nachkommen so erfolgreich im vereisten Grönland überleben oder während den Eiszeiten in Europa? Eine Antwort könnte lauten: In der Tat ist es zu keiner Anpassung an einen speziellen Lebensraum gekommen. Vielmehr hat die Gehirnentwicklung dem Menschen die Möglichkeit eröffnet, durch individuelle oder soziale Verhaltensmodifikation und Geräteentwicklung eine Vielzahl von ökologischen Rollen zu übernehmen, ohne daß spezielle körperliche Anpassungen erforderlich waren. Die progressive Gehirnentwicklung gewährte ihm beträchtliche Selektionsvorteile. Der Mensch ist, anders als die Mehrzahl der anderen Lebewesen, nicht eingezwängt in eine enge ökologische Nische. Er ist jedoch keineswegs – wie das zuweilen behauptet wird – unangepaßt. Allerdings ist ihm die Möglichkeit gegeben, je nach Bedingungen verschiedene ökologische Rollen zu spielen und von einer Rolle in eine andere zu schlüpfen. Seine Anpassung liegt darin, daß er ein „Anpassungskünstler“ ist. Darin liegt sein immenser biologischer Erfolg: in allen Lebensräumen dieses Planeten zu dominieren. Wir haben mit dieser Art der Argumentation dem Anpassungsbegriff zuletzt einen neuen Inhalt gegeben. Die spezifische menschliche Anpassungsfähigkeit beruht nicht auf Änderungen des Erbgutes. Sie hat ihre eigene Geschichte: die „soziokulturelle Evolution“.

II

Nicht selten hört man die folgenden Thesen: In der soziokulturellen Entwicklung komme das zum Ausdruck, was den Menschen von allen anderen Lebewesen unterscheidet. Die Eigenschaften, die die soziokulturelle Entwicklung ermöglichen, seien wie der Entwicklungsprozeß selbst den Methoden der Biologie nicht zugänglich. Fazit: Die Biologie könne zum Selbstverständnis des Menschen als kulturfähigem Lebewesen nichts wesentliches beitragen. Ich halte diese Thesen für wenigstens ergänzungsbedürftig.

Schon vor der Formulierung der Evolutionstheorie hat es Versuche gegeben, die Sonderstellung des Menschen zu definieren. Bereits Herder (20) hat auf die Sprachfähigkeit hingewiesen. Mehrfach ist die Fähigkeit zur Werkzeugbenutzung hervorgehoben worden. Der Mensch ist als das Lebewesen bezeichnet worden, das – anders als alle anderen – lügen könne, als das einzige Lebewesen, das Selbstmord begehen könne, als das einzige Lebewesen, das in großem Umfang Artgenossen töte, als das einzige Lebewesen, das Bewußtsein habe, das „ich“ sagen könne, das den eigenen Tod denken könne, als das einzige Lebewesen, das auch über den Tod hinaus Zukunftsprojektionen entwickeln könne²¹.

Jeder dieser Definitionsversuche bedürfte einer sorgfältigen Diskussion. Ich möchte hier nur den Versuch einer zusammenfassenden Stellungnahme unternehmen und zwei Aspekte hervorheben.

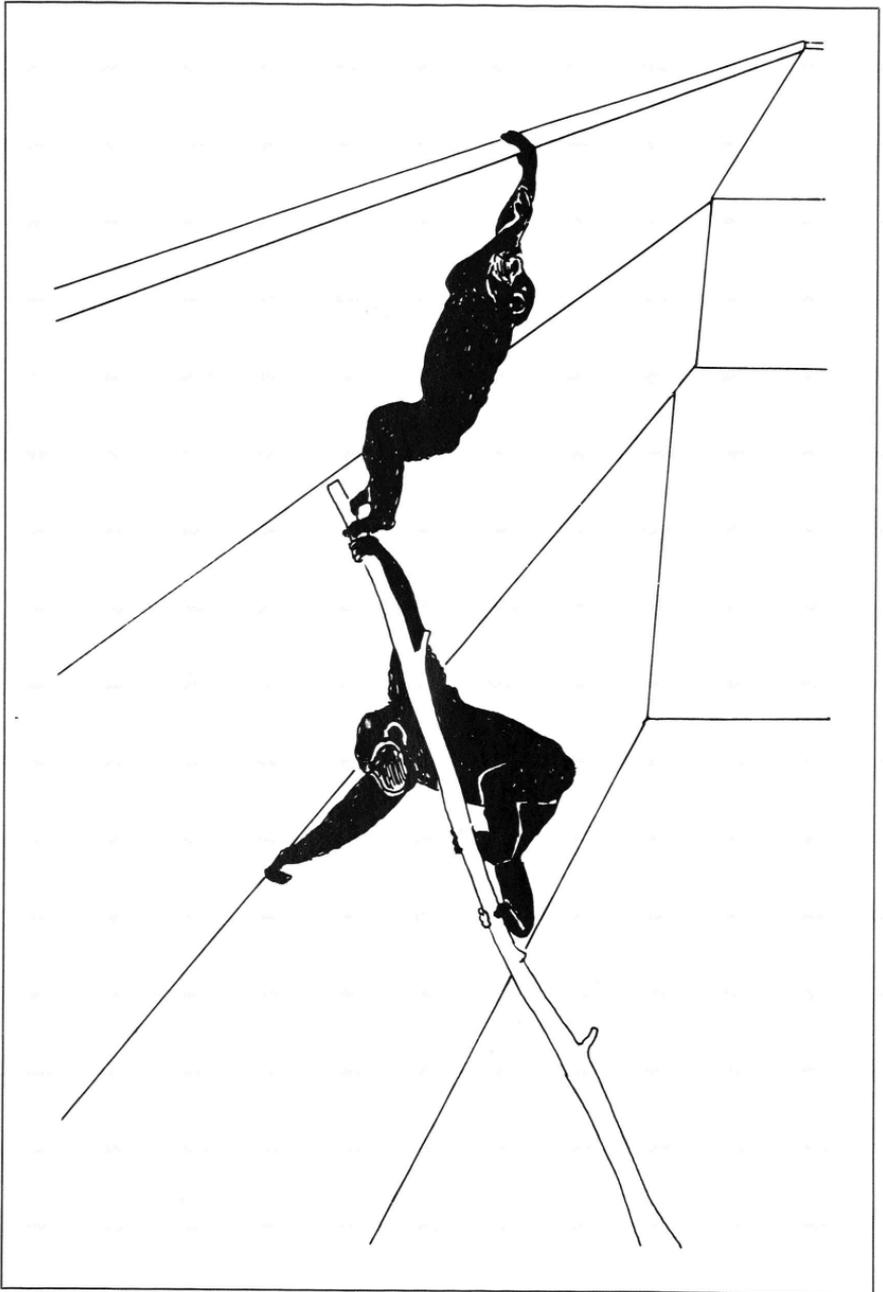


Abbildung 5:
Zwei Schimpansen überwinden in gemeinsamer Aktion mit Hilfe eines als Leiter benutzten starken Astes den Zaun um ein Gehege im Delta Primate Center in Louisiana. (Nach Riopelle 23).

1. Für viele dieser Merkmale lassen sich – wenn auch einfache – Entsprechungen bei Tieren aufweisen: für den Werkzeuggebrauch, für die Sprachfähigkeit, für ein Verständnis des eigenen Ich, für die Fähigkeit, Handlungskonzepte auszuarbeiten. Nur für letzteres seien zwei einfache Beispiele genannt. Schimpansen sind in der Lage, einen Gegenstand durch ein kompliziertes Labyrinth zum Ausgang zu führen. Sie gehen dabei so vor, daß sie zunächst die Gesamtsituation einige Zeit prüfen und dann die Aufgabe zügig lösen²². Auch mit der Überwindung von hohen Zäunen werden Schimpansen fertig²³. Sie benutzen starke Äste als Leitern. Wie Abb. 5 zeigt, beruht der Erfolg darauf, daß das Werkzeug von zwei Individuen kooperativ eingesetzt wird. Eine Einzelaktion müßte scheitern.

In der Regel stoßen wir, was die genannten Merkmale betrifft, nur auf graduelle Unterschiede, mögen diese auch erheblich sein, wie das im Fall der Sprachfähigkeit neuerdings betont wird²⁴.

2. Biologen haben es mit einer kaum übersehbaren Fülle von Lebewesen zu tun. Sie haben zunächst einmal die Tendenz entwickelt, diese Vielfalt auf Grund von Bau- und Funktionsmerkmalen zu ordnen. Daher wird ein Biologe zu einer Differentialdiagnose, die sagt, was im Erscheinungsbild und Verhalten des Menschen arttypisch sei, einen konstruktiven Beitrag leisten können. Nun liegt aber gerade in der Definition arttypischer Merkmale eine besondere Brisanz. Solche universellen Merkmale, die unabhängig vom speziellen Lebensraum bei allen Angehörigen gleichermaßen ausgebildet werden, also zur „Grundausstattung der Art“ gehören, sind in der Regel erblich festgelegt. Und warum soll das nicht auch grundsätzlich für Merkmale gelten, die im soziokulturellen Prozeß eine Rolle spielen, für Verhaltensmerkmale und für Merkmale menschlicher Sozialgefüge?

Schon Darwin hat in seiner Untersuchung „Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei Mensch und Tier“ versucht, solche universellen Verhaltensmerkmale zu kennzeichnen. So schreibt er: „Ich habe mit ziemlich detaillierter Ausführlichkeit zu zeigen mich bemüht, daß alle die hauptsächlichsten Ausdrucksweisen, welche der Mensch darbietet, über die ganze Erde dieselben sind. Diese Tatsache ist interessant, da sie ein neues Argument zugunsten der Annahme beibringt, daß die verschiedenen Rassen von einer einzigen Stammform abgegangen sind . . .“²⁵. Man wird Darwins Schlußfolgerung heute nicht in dieser Form nachvollziehen können. Aber die Betrachtungsweise hat sich, wie die Verhaltensforschung zeigt, prinzipiell bewährt.

Wir erkennen, daß wir in unserer zuvor getroffenen Feststellung, den Menschen kennzeichne eine besondere Anpassungsfähigkeit, präzisieren müssen. Diese Anpassungsfähigkeit ist nicht beliebig. Es gibt wohl erblich fixierte Vorgaben, die sich in menschlichen Gesellschaften je nach Randbedingungen mehr oder weniger deutlich ausprägen können, z. B. die Tendenz zur Ausbildung von Rangordnungen. Die Frage muß erlaubt sein, ob in solchen im soziokulturellen Kontext liegenden Strukturmerkmalen Anpassungen im Sinne der Evolutionstheorie gesehen werden dürfen. Gerade wenn wir davon ausgehen, daß menschliches Verhalten in besonderem Maße flexibel und steuerbar ist, muß uns daran gelegen sein, auch stam-

mesgeschichtlich überlieferte, möglicherweise starrere Verhaltensanteile kennen zu lernen. Damit ist nichts über eine Bewertung solcher Elemente im Rahmen des menschlichen Gesamtverhaltens gesagt.

Im übrigen hat die Untersuchung der genetischen Grundlage von Verhaltensweisen noch kaum begonnen. Der Genetiker Carsten Bresch hat das kürzlich im Rahmen der Salzburger Humanismus-Gespräche betont. Er sagt: „Die Vererbung von qualitativen Merkmalen, die alternativ, so oder so sein können, verstehen wir ganz ausgezeichnet. Die quantitativen sind in der Landwirtschaft besonders wichtig, z. B. die Milchleistung einer Kuh, die Winterfestigkeit eines Getreides usw. Deren Vererbung glauben wir auch noch ganz gut zu verstehen. . . . Noch schwieriger sind Gestalt-Merkmale, also solche, bei denen es um eine bestimmte Form geht. Wie derartige Gene funktionieren, die z. B. die Form einer Hand, einer Nase ausbilden, versteht die Wissenschaft eigentlich noch überhaupt nicht . . . Die schwierigste Klasse von Merkmalen jedoch sind Verhaltensweisen . . .“²⁶.

Man wird also auch dem Ansatz der Soziobiologie nicht das Fragen verbieten dürfen, so sehr man sich voreilige Antworten und Verallgemeinerungen, die nicht als Hypothesen deklariert sind, verbitten muß. Es ist in der Tat ein wissenschaftliches Problem, ob „altruistisches“ Verhalten, das von einem Lebewesen zum eigenen Nachteil und zum Vorteil eines anderen Individuums ausgeführt wird, nicht einen positiven Selektionswert haben kann — indem es z. B. der Sippe hilft, gegenüber konkurrierenden Sippen zu bestehen²⁷.

Selbstverständlich wird man verlangen müssen, daß die Biologie für kritische Fragen offen ist und bereit ist, ihr methodisches Vorgehen stetig zu überprüfen. Ein gutes Beispiel für solch kritisches Vorgehen finden wir in dem 1977 in Berlin abgehaltenen interdisziplinären Symposium unter dem Titel „Morality as a Biological Phenomenon“²⁸.

Man wird aber alle Versuche abwehren müssen, wissenschaftliches Fragen zu behindern, weil mögliche Ergebnisse zur Rechtfertigung politischer Doktrinen mißbraucht werden können. Solcher Mißbrauch ist biologischen Ergebnissen häufig widerfahren, in besonderem Maße Erkenntnissen der Evolutionstheorie. Ich möchte an dieser Stelle an den Rassismus im Dritten Reich erinnern.

Wir kommen noch einmal auf die Anpassungsfrage zurück. In der Evolution ausgebildete Anpassungen bedeuten — in gewissen Grenzen — Überlebensgarantie. Sie beinhalten Materialeigenschaften und Reaktionsweisen, die unter normalen Bedingungen gewährleisten, daß ein Lebewesen die individuelle Lebensspanne erfolgreich — d. h. unter Hervorbringung von Nachkommen — bewältigt. Dabei ist auch die Dauer dieser Lebensspanne ein Teil dieser Anpassung. Auch der Tod ist programmiert. Das heißt, daß Anpassungen über das Individuum hinausweisen und sich auf das Übeleben von Merkmalskombinationen über die Generationen hinweg beziehen.

Wenn das individuelle Überleben durch Anpassungen gesichert wird, sind diese Anpassungen zugleich ein Spiegel des Lebensraums und der Le-

bensbedingungen. Gestalt und Verhalten von Fischen spiegeln in diesem Sinne die Eigenschaften von Flüssen und Meeren. In Gestalt und Verhalten der Vögel bildet sich die Wirklichkeit des Luftraums ab. In jeder Lebewesenart, in jedem überlebensfähigen „Bündel von Anpassungen“ spiegelt sich so ein Ausschnitt aus der Gesamtwirklichkeit. Und den verschiedenen Arten von Lebewesen sind über ihre Anpassungen jeweils unterschiedlich weite und unterschiedlich fein strukturierte Wirklichkeitserfahrungen zugänglich. Der Anpassungsbegriff führt, so betrachtet, zu einer Frage, die Menschen beschäftigt hat, lange bevor die Evolutionstheorie formuliert wurde. Es ist die Frage, in wie weit das uns in unserer bewußten Wahrnehmung Zugängliche auf eine außersubjektive Wirklichkeit hinweise.

Daß dem Menschen, wie jedem Lebewesen, immer nur ein Ausschnitt aus der Gesamtwirklichkeit zugänglich ist, hat die Biologie in den letzten Jahrzehnten dank der Anwendung physikalischer Methoden überzeugend darlegen können. Ich will hier nur auf einige Defizite hinweisen, auf Wirklichkeitsbereiche, die uns als Menschen nur indirekt über unsere Gerätherstellung zugänglich sind, sich aber der direkten bewußten Wahrnehmung entziehen. So erkennen Bienen das Muster des polarisierten Himmelslichtes – wir nicht. Fische orientieren sich nach Leitfähigkeitsunterschieden in ihrer Umgebung – wir können das nicht. Vögel navigieren nach dem Erdmagnetfeld – wir können das Erdmagnetfeld nur physikalisch messend erkennen. Aber nicht nur außerhalb unserer selbst liegende Wirklichkeit ist uns nur in Ausschnitten zugänglich. Auch Abläufe in unserem Inneren sind unserem bewußten Erleben verschlossen: zum Beispiel die Bildung der roten Blutkörperchen im Knochenmark, die vielfältigen Funktionen der Leber . . .

Diese Sichtweise läßt sich noch weiter entwickeln. Im Lichte der Evolutionstheorie lernen wir schließlich die uns vorgegebenen Denk- und Anschauungsstrukturen als Anpassungen begreifen. Hier stoßen wir auf den Rahmen, der die zuvor betonte typisch menschliche Flexibilität begrenzt. Es war wohl Konrad Lorenz – dessen ethologischer Ansatz an Darwin knüpft – der zuerst erkannt hat, daß die uns – im Sinne von Kant – a priori gegebenen Vorstellungsformen insofern a posteriori sind, als sie sich als Anpassungen entwickelt haben²⁹. Daher passen sie so gut auf diese Welt und bewähren sich in ihr – genauso wie die Elektroortung der Fische und die Magnetfeldorientierung der Vögel. Ich meine, daß diese Einsicht, ausgehend von der Evolutionstheorie entwickelt, als ein wesentlicher Beitrag zu unserem Selbstverständnis angesehen werden sollte.

Lassen Sie mich an dieser Stelle statt einer weiteren Erörterung zwei Aphorismen zitieren, die gewisse Widerstände beleuchten, auf die unser Vorgehen stoßen mag. Blaise Pascal hat gesagt: „Gefährlich ist es, wenn man den Menschen zu sehr darauf hinweist, daß er den Tieren gleicht, ohne ihm zugleich seine Größe vor Augen zu führen. Noch gefährlicher ist es, wenn man ihm seine Größe ohne seine Niedrigkeit vor Augen führt. Am gefährlichsten ist es, ihn in Unkenntnis über beides zu lassen. Aber sehr nützlich ist es, ihm das eine und das andere darzustellen³⁰“. Von Erwin Chargaff stammt die Bemerkung: „Die Nichtexistenz einer Sache aus

der Unmöglichkeit abzuleiten, sie sich vorzustellen, ist einer der häufigsten Fehler der Naturwissenschaften⁴³¹.

III

Wir hatten betont, daß Anpassungen über die Lebensspanne des Individuums hinausweisen. In Ihnen ist auch ein Programm für die Zukunft der Art enthalten. Die Evolution hat mit dem heutigen Menschen mit Sicherheit kein Ende gefunden. Welches Licht fällt auf die Zukunft des Menschen?

Es gibt zahlreiche Möglichkeiten, diese Frage zu präzisieren. Ich will nur zwei Ansätze nennen und auch nur auf einen ein wenig sorgfältiger eingehen.

Als erstes nenne ich die optimistische Vision von Teilhard de Chardin. Teilhard hat eine Vollendung der Menschheit als Evolutionsziel gesehen, ein „Neuaufbrechen der Evolution aus sich selbst“, ein Einmünden in eine „Noosphäre“⁴³². Dieser Ansatz ist biologisch fundiert, greift aber über eine naturwissenschaftliche Argumentation weit hinaus.

Als zweites möchte ich eher pessimistische Überlegungen zur Sprache bringen. Nach der Evolutionstheorie sind im Evolutionsprozeß vor allem drei Prinzipien zu erkennen: 1. Das Fortpflanzungsgeschehen ergibt eine Überproduktion von Nachkommen. 2. Es findet eine Diversifikation statt: unter den Nachkommen gibt es Individuen mit neuen Merkmalen oder Merkmalskombinationen. 3. Diejenigen Individuen haben die meisten sich wieder fortpflanzenden Nachkommen, die am besten angepaßt sind. Oder anders gesagt: Die Selektion fördert die Varianten, in denen der Wirkungsgrad der Ressourcennutzung optimiert ist.

Nun ist nicht zu übersehen, daß der Mensch das letzte Prinzip für sich selbst weitgehend aufgehoben hat. Die Behauptung trifft wohl zu, durch die im Rahmen des soziokulturellen Prozesses entwickelten Einstellungen und Fähigkeiten habe er die Optimierungsfunktion des Selektionsgeschehens außer Kraft gesetzt. Es geschieht zweierlei. Einmal verschlechtert sich das menschliche Erbgut. Unter natürlichen Bedingungen nicht überlebensfähige Varianten erhalten nicht nur die Chance, eine durchschnittliche individuelle Lebensspanne auszukosten, sie werden auch zur Fortpflanzung zugelassen. Und: der Prozeß der Stabilisierung der Art im Ökosystem wird gravierend gestört. Das heißt folgendes: Jede Organismenart findet in ihrem Lebensraum Begrenzungen, die einer beliebigen räumlichen Ausbreitung ebenso wie einer beliebigen Dichtezunahme innerhalb des Lebensraums entgegenstehen. Über Einstellung und Evolution solcher Gleichgewichtslagen gibt es interessante Untersuchungen.

Im Fall des Menschen ergibt sich ein durchaus dramatisches Bild⁴³³. Seine Fähigkeit, den Evolutionsmechanismus zu manipulieren, hat ihn einerseits aus dem Zwang des evolutiven Optimierungsdruckes befreit. Auf der anderen Seite hat ihm eben diese Fähigkeit eine akute Selbstgefährdung beschert. Diese Bedrohung gilt inzwischen nicht nur einigen wenigen

weniger lebensfähigen Individuen oder Populationen, sondern der gesamten Art und darüber hinaus wohl einem Großteil der Biosphäre überhaupt. Und noch mehr: Die Bedrohung kommt von mehreren Seiten. Wir können heute unseren lebensfreundlichen Planeten durch radioaktive Verseuchung ebenso unbewohnbar machen wie durch fortgesetzte Vergiftung mit den Rückständen unseres zivilisatorisch-technischen „Fortschritts“.

Nun liefert uns die Evolutionstheorie, die ja auch auf Wirkungsgefüge zwischen Arten von Lebewesen und auf die Entwicklung von Ökosystemen hin angewandt werden kann, nicht nur die Diagnose, daß ein kritischer Zustand eingetreten ist. Wenn der Mensch in der Lage ist, das Geschehen zum Negativen hin zu verschieben, sollte er, wenn er zugleich in der Lage ist, das Wirkungsgefüge zu durchschauen, vielleicht auch in der Lage sein, Korrekturen anzubringen und die Gefahren zu bannen. Können wir darauf hoffen?

Freilich dürfen wir nicht erwarten, daß der biologische Evolutionsprozeß aus sich selbst heraus eine Wende herbeiführt. Möglich wäre gleichwohl, daß die dem Menschen gegebene und von uns hervorgehobene Flexibilität auch die Einsichten, Einstellungen und Verhaltenssequenzen gewährt, die zur Bewältigung der Krise erforderlich sind.

Der Konstanzer Biologe Hubert Markl hat vor kurzem unter dem Titel „Ökologische Grenzen und Evolutionsstrategie Forschung“ darzulegen versucht, daß aus der Kenntnis des Evolutionsgeschehens heraus sehr wohl Problemlösungsstrategien entwickelt werden können, denen zu folgen Erfolg verspräche³⁴. Er schreibt: „... an die Stelle des Darwinschen Fitnessimperativs muß eine auf Einsicht gegründete und verantwortete Überlebensethik treten, die die Selektionskriterien für Anwendung und Verbreitung der Ergebnisse innovativer Forschung liefert. Der Mensch ist das erste Lebewesen, das die Fähigkeit dazu hat und das unumgänglich auf ihre Anwendung angewiesen ist.“

Möge es zutreffen, daß der Mensch diese Fähigkeit in der Tat hat. Was zweifeln lassen könnte, ist der Verdacht, daß die vorgegebenen Vorstellungs- und Denkstrukturen nicht ausreichen könnten: daß wir nur unzureichend befähigt sein könnten, die vielfältigen Vernetzungen der Wirkungsgefüge, in die wir handelnd eingreifen, in unserem Denken exakt genug abzubilden. Unsere Handlungsstrategien wären in diesem Fall nicht viegleisig genug.

Was zweifeln lassen könnte, ist der Verdacht, daß wir daraufhin angelegt sein könnten, unser Verhalten nur auf die Bedürfnisse unseres eigenen individuellen Lebens zweckmäßig ausrichten zu können allenfalls noch auf die Bedürfnisse der folgenden Generation. In diesem Fall sollte es uns erhebliche Schwierigkeiten bereiten, Verhaltensformen und -strategien zu entwickeln, die den zeitlichen Fernwirkungen unserer technischen Intelligenz angemessen sind.

Sind wir gewissermaßen in der Situation des überraschten, ratlosen Zaublerlehrlings? Gleichwohl werden wir uns der Verantwortung, die uns durch die gewonnenen Einsichten in besonderem Maße zufällt, nicht entziehen dürfen!

Literatur

- ¹ Eine Zusammenstellung von Dokumenten zum Verlauf der Sitzung findet sich in *Darwin, F.*: The Autobiography of Charles Darwin and Selected Letters. Dover Publ., New York 1958 (Reprint der Ausgabe von 1892).
- ² *Leach, E. R.*: Men, bishops and apes. *Nature* 293, 19–21 (1981).
- ³ *Darwin, Ch.*: On the Origin of Species. A Facsimile of the First Edition. (1859), Harvard Univ. Press, Cambridge Mass. 1964.
- ⁴ *Darwin, F.*: Vgl. (1).
- ⁵ *Darwin, Ch.*: vgl. (3), 488.
- ⁶ Stegmüller, W.: Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie. Bd. II, A. Kröner, Stuttgart 1975, 526. Vgl. auch *Popper, K. R.*: Objektive Erkenntnis. Übers. v. H. Vetter. Hoffmann u. Campe, Hamburg 1973, 295.
- ⁷ *Darwin, Ch.*: Die Abstammung des Menschen. Übers. v. H. Schmidt, Jena. A. Kröner, Stuttgart 1966 (Nach der revidierten 2. Aufl., 1874).
- ⁸ *Darwin, Ch.*: Der Ausdruck der Gemütsbewegungen bei den Menschen und den Thieren. Übers. v. C. V. Carus. E. Schweizerbart, Stuttgart 2. Aufl. 1874.
- ⁹ *Hemleben, J.*: Ernst Haeckel. Rowohlt, Reinbek 1964; vgl. auch die prägnante Kurzbiographie von H. Autrum in: Gerlach, W. (Hrsg.): Der Natur die Zunge lösen – Leben und Leistung großer Forscher. Ehrenwirth, München 1967, 321–330.
- ¹⁰ *Heisenberg, W.*: Der Teil und das Ganze. R. Piper, München 1969.
- ¹¹ Nach neueren Erhebungen der Studienstiftung des deutschen Volkes schlossen 50% der von der Stiftung 1948–1980 geförderten Stipendiaten die Promotion im 29. oder einem späteren Lebensjahr ab. Studienstiftung des deutschen Volkes: Empfehlungen zum Ausbau einer Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Bonn, 1980.
- ¹² *Haeckel, E.*: Der Kampf um den Entwicklungs-Gedanken. G. Reimer, Berlin 1905, 49.
- ¹³ *Lovejoy, C. O.*: The Origin of Man. *Science* 211, 341–350 (1981).
- ¹⁴ Einen leicht verständlichen Überblick gibt *R. E. Leakey*: Die Suche nach dem Menschen. Umschau, Frankfurt/M. 1981.
- ¹⁵ *Johanson, D. C., White, T. D.*: A Systematic Assessment of Early African Hominids. *Science* 203, 321–330 (1979).
- ¹⁶ *Cronin, J. E., Boaz, N. T., Stringer, C. B., Rak, Y.*: Tempo and mode in hominid evolution. *Nature* 292, 113–122 (1981).
- ¹⁷ *Leakey, M. D.*: Footprints in the Ashes of Time. *Natn. Geogr. Mag.* 155, 446–457 (1979); vgl. auch: *Charteris, J., Wall, J. C., Nottrodt, J. W.*: Functional reconstruction of gait from the Pliocene hominid footprints at Laetoli, northern Tanzania. *Nature* 290, 496–498 (1981).
- ¹⁸ Auch die Hirnvolumina historischer Persönlichkeiten unterscheiden sich erheblich: Anatole France: 1017 cm³, Oliver Cromwell ca. 2200 cm³; vgl. *Knussmann, R.*: Vergleichende Biologie des Menschen. G. Fischer, Stuttgart 1980, 251.
- ¹⁹ *Lewin, R.*: AAAS Briefings. *Science* 211, 372–373 (1981).
- ²⁰ *Herder, J. G.*: Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit. J. Melzer, Darmstadt 1966, 116 f.
- ²¹ Vgl. hierzu u. a.: *Hofer, H., Altner, G.*: Die Sonderstellung des Menschen. G. Fischer, Stuttgart 1972; *Lorenz, K.*: Die Rückseite des Spiegels. Piper, München–Zürich 1973; *Goodall, V.* (Ed.): The Quest for Man. Phaidon, London 1975.

- ²² *Rensch, B.*: Manipulierfähigkeit und Komplikation von Handlungsketten bei Menschenaffen. In: *Rensch, B.* (Hrsg.): Handgebrauch und Verständigung bei Affen und Frühmenschen, 103–126, H. Huber, Bern–Stuttgart 1968.
- ²³ Beobachtungen von E. Menzel. Vgl.: *Hofer, H.*: Prolegomena primatologiae. In: *Hofer, H., Altner, G.*: Die Sonderstellung des Menschen, 3–146, G. Fischer, Stuttgart 1972, sowie *Riopelle, A. J.*: How Animals Learn. In: *Natn. Geogr. Soc.: The Marvels of Animal Behavior*, 358–390, *Natn. Geogr. Soc.*, Washington 1972.
- ²⁴ *Sebeok, Th. A., Umiker-Sebeok, J.* (Eds.): *Speaking of Apes*. Plenum, New York–London 1980.
- ²⁵ Vgl. (8): 369.
- ²⁶ *Bresch, C.*: Das Ungeheuer unter den Papiertigern oder: Die außerordentliche wissenschaftliche Rolle der Soziobiologie. In: *Schatz, O.* (Hrsg.): Brauchen wir eine andere Wissenschaft? X. Salzburger Humanismusgespräch, 177 f., Styria, Graz–Wien–Köln 1981.
- ²⁷ Vgl. u. a.: *Wilson, E. O.*: *Biologie als Schicksal*. Ullstein, Frankfurt M.–Berlin–Wien 1980 (Originalausgabe: *On Human Nature*, Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.–London 1978).
- ²⁸ *Stent, G. S.* (Ed.): *Morality as a Biological Phenomenon*. Dahlem Konferenzen, Berlin 1978.
- ²⁹ *Lorenz, K.*: Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie. Bl. f. Dtsche. Philosophie 15, 94–125 (1941), Nachdr. in: *Lorenz, K.*: Das Wirkungsgefüge der Natur und das Schicksal des Menschen, 82–109. Piper, München–Zürich 1978; vgl. auch: *Lorenz, K.*: Die Rückseite des Spiegels. Piper, München–Zürich 1973, 19 ff.; sowie *Riedl, R.*: *Biologie der Erkenntnis*. Parey, Berlin–Hamburg 1980, 181 ff. und: *Ditfurth, H. v.*: Wir sind nicht nur von dieser Welt. Hoffmann u. Campe, Hamburg 1981, 170 f.
- ³⁰ *Pascal, B.*: Über die Religion und über einige andere Gegenstände (Pensées). L. Schneider, Heidelberg, 8. Aufl. 1978, 187.
- ³¹ *Chargaff, E.*: *Bemerkungen*. Klett-Cotta, Stuttgart 1981, 142.
- ³² *Teilhard de Chardin, P.*: Die Bildung der Noosphäre. In: *Die Zukunft des Menschen*. Werke, Bd. 5, 207–241, Walter, Olten–Freiburg 1963.
- ³³ Vgl. hierzu u. a.: *Ehrlich, P. R., Ehrlich, A. H., Holdren, J. P.*: *Humanökologie*. Übersetzt u. bearbeitet von H. Remmert. Springer, Berlin–Heidelberg–New York 1975.
- ³⁴ *Markl, H.*: *Ökologische Grenzen und Evolutionsstrategie Forschung*. Mitt. der DFG 3/80, Exkurs: I–VIII (1980).

WAS SAGEN UNS BIOLOGISCHE MAKROMOLEKÜLE ÜBER DAS DARWIN'SCHE SELEKTIONSPRINZIP?

In dieser Darstellung soll versucht werden, einige molekular-biologische Aspekte des Darwin'schen Selektionsprinzips zu erläutern. Um das Problem zu verdeutlichen, das uns hier beschäftigen wird, ist ein Entwicklungstammbaum von vielzelligen Pflanzen und Tieren gezeigt (Abb. 1). Nach der Darstellung ist die große Vielfalt dieser drei belebten Reiche (höhere Pflanzen, Pilze und Tiere), aus sehr einfach gebauten einzelligen (Bakterien) bzw. kettenartig angeordneten (blaugrüne Algen) Lebewesen hervorgegangen. Die ältesten bisher bekannten fossilen Überreste dieser einfachsten Lebewesen findet man in Gesteinen der Gegend von Barberton im östlichen Transvaal. Diese Steine gehören der geologischen Formation der Feigenbaum-Reihe an und sind 3,2 Millionen Jahre alt. Das Ergebnis der Evolution ist die reiche Fülle aller Organismen, die einst auf unserem Planeten gelebt haben oder hier noch leben sowie die zunehmende Komplexität auf allen Stufen dieser Entwicklung. Diese seit Beginn der Lebensentwicklung zunehmende Vielfalt der lebendigen Welt kann mit der von Darwin entwickelten Theorie von der Evolution durch natürliche Selektion erklärt werden, die wohl wie kaum ein anderes wissenschaftlich begründbares Gedankengebäude auch das Selbstverständnis des Menschen beeinflusst hat.

Die vollständige Theorie Darwins von der Evolution durch natürliche Selektion wurde 1859 in seinem Buch über den Ursprung der Arten publiziert. Das breite Erklärungsschema für die vielen von ihm gemachten Beobachtungen umfaßt eine Anzahl von Postulaten, von denen hier die vier wichtigsten aufgezählt werden sollen:

- 1) Die Welt ist nicht statisch, sondern entwickelt sich stetig weiter. Tier- und Pflanzenreiche verändern sich, neue Arten tauchen auf und andere sterben aus, so daß die Fossilgeschichte der belebten Welt ein großes Szenarium des Wechsels darstellt.
- 2) Das zweite Postulat war, daß die Evolution kontinuierlich ist und nicht in Sprüngen abläuft. Das heißt, daß neue Arten nicht ganz plötzlich, sozusagen als Neuschöpfungen, entstehen, wie es noch zu Darwin's Zeiten ernsthaft diskutiert wurde.
- 3) Darwin's drittes Postulat enthielt, so wie auch sein viertes, den meisten Zündstoff. Es besagt, daß verwandte Arten gemeinsame Vorfahren besitzen, daß also z. B. alle Primaten oder alle Reptilien von einer Stammform abgeleitet sind. Diese Aussage beinhaltet, daß alle lebenden Organismen auf einen Lebensursprung zurückgeführt werden können. Wir werden auf diesen Punkt später noch zurückkommen.
- 4) Darwin's viertes Postulat war dasjenige der natürlichen Selektion und ist eigentlich der Schlüssel zu seinem allgemeinen Erklärungsschema.-

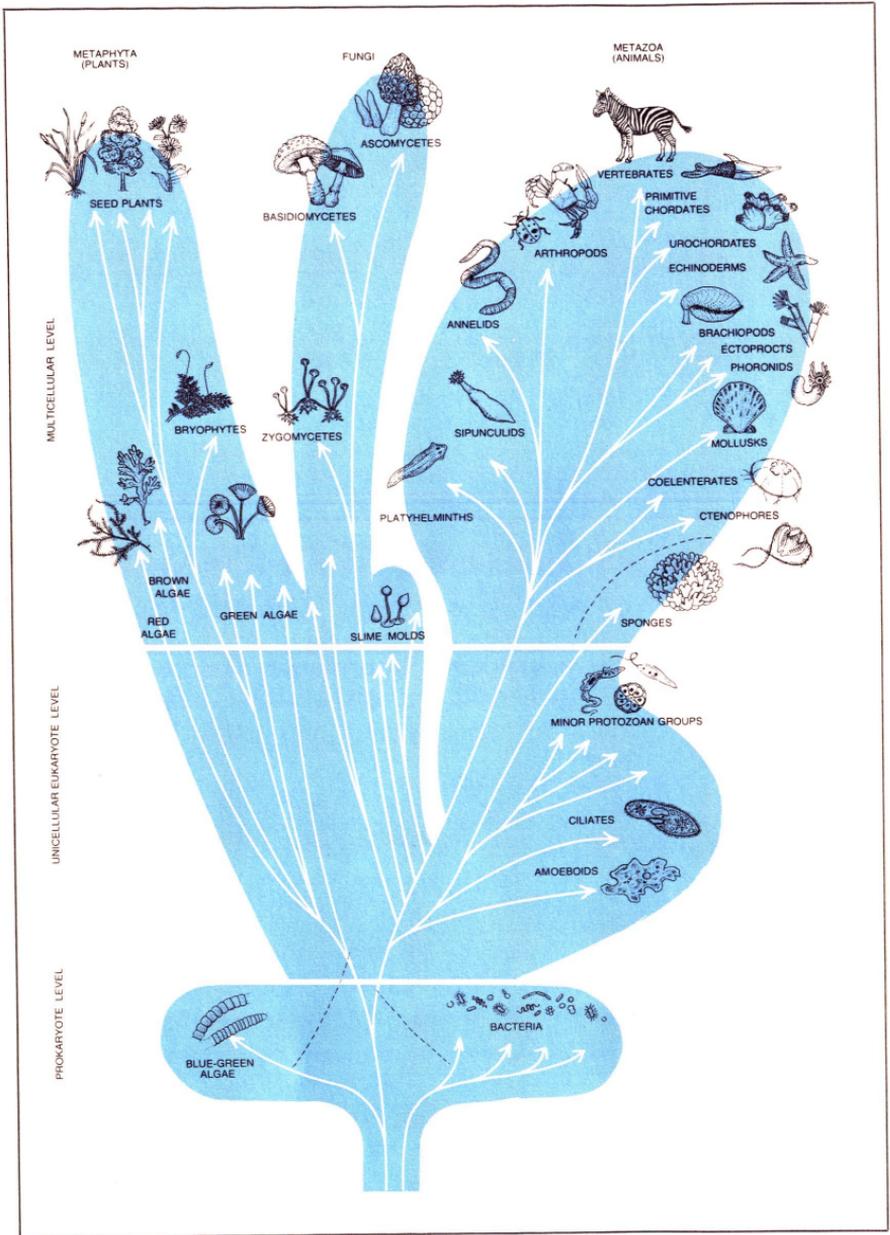


Abbildung 1:
 Reiche der Organismen. Aus den relativ einfachen, einzelligen Prokaryonten (Bakterien und blaugrüne Algen), die noch keine Kernmembran besitzen, entwickelten sich die komplexeren einzelligen Eukaryonten, von denen alle drei Reiche der Vielzeller abstammen. Alle Eukaryonten haben eine Kernmembran (nach *Valentine, 1978*).

Evolutionäre Veränderungen, so sagt Darwin, sind nicht einfach ein Zufallsprodukt, sondern das Ergebnis einer Auslese oder Selektion. Diese Selektion ist ein zweiphasiger Prozeß. Die erste Phase ist die sogenannte Variation. Nach Darwin entsteht bei allen Arten im Laufe der Generationen eine Anzahl von Variationen, die, wie man heute weiß, durch genetische Mutationen, d. h. durch Veränderungen des Erbmaterials, hervorgerufen werden. Der zweite Schritt ist die natürliche Selektion, die dadurch zustande kommt, daß vorteilhafte Veränderungen, die zu einer verbesserten Anpassung an die jeweiligen Umgebungsbedingungen führen, weiter vererbt werden, während nachteilige Veränderungen durch das Aussterben der Art allmählich verschwinden.

Es sollte in diesem Zusammenhang betont werden, daß das was Darwin selbst sehr dramatisch mit dem Begriff „Lebenskampf“ oder „Kampf ums Dasein“ verbildlicht hat, eine recht diskrete Angelegenheit ist. So rechnen uns Populationsgenetiker vor, daß ein besser oder schlechter angepaßtes Individuum aus einer Population für den Verlauf der Evolution von geringer Bedeutung ist. Vielmehr sind es die im Erbmaterial fixierten Veränderungen, so geringfügig sie phänotypisch auch erscheinen mögen, die über viele Generationen hin, zum Überleben oder Aussterben einer Art führen können.

Es sei hier nochmals kurz zusammengefaßt und betont, daß zufällige Mutation und sich daraus ergebende Selektion über lange Zeiträume zur evolutionären Anpassung führen.

Wir wollen uns jetzt der Frage zuwenden, ob sich dieses Selektionsprinzip auch bei biologischen Makromolekülen nachweisen läßt. In der nächsten Abbildung (Abb. 2) ist eine Entwicklungsreihe dargestellt, die von einfachen Bausubstanzen in der reduzierenden Uratmosphäre der Erde (Wasserstoff, Wasser, Ammoniak, Methan, Cyanogen, Cyanwasserstoff u. a.) über biologische Makromoleküle und einfache Zellformen bis hin zu demjenigen Vertreter der hochorganisierten Vielzeller reicht, dem diese Vortragsreihe gewidmet ist, Charles Darwin. Ganz kurz sei hier erwähnt, daß sich eine große Anzahl von biologisch wichtigen Molekülen wie Aminosäuren, Nukleinbasen, Zucker, Nukleotide, Porphyrine, aber auch Lipide in einer angenommenen Uratmosphäre unter Laborbedingungen bilden können (chemische Evolution). Die Ingredienzien für die Lebensentstehung waren also wahrscheinlich in einer „Ursuppe“ in hoher Konzentration vorhanden (Kaplan, 1972).

Es taucht in Abbildung 2 der Begriff „biologische Makromoleküle“ auf, und die wichtigsten Vertreter dieser Art sind die Nukleinsäuren und Proteine.

Nukleinsäuren sind die Träger derjenigen Erbinformationen, die von Generation zu Generation weitergegeben werden, während Proteine oder Eiweißkörper z. B. die Muskelkontraktion besorgen, integrale Bestandteile des Zentralnervensystems darstellen und eine große Zahl von Stoffwechselvorgängen kontrollieren.

Die Frage, die wir näher untersuchen wollen, lautet also: Ist das Dar-

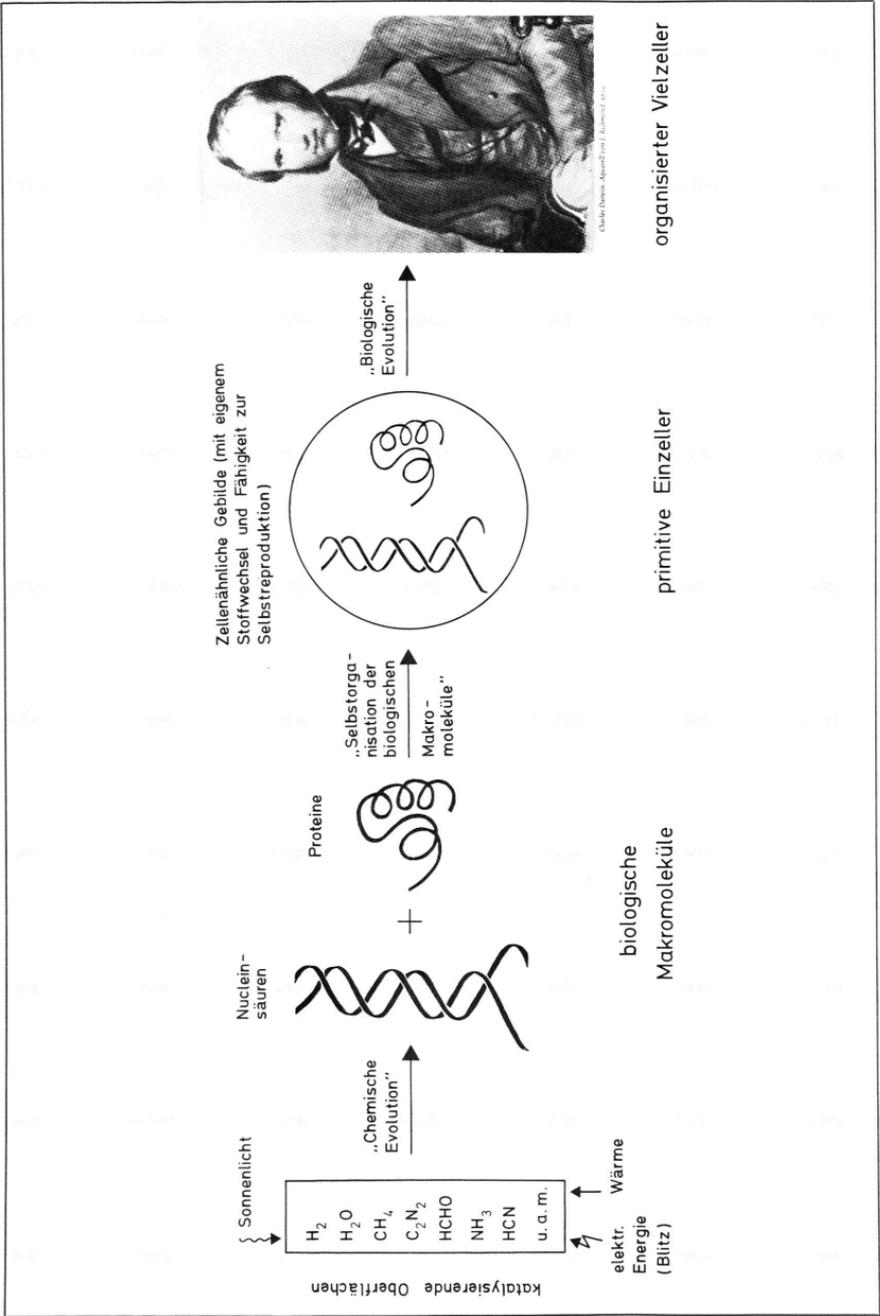


Abbildung 2: „Chemische Evolution“ führt zu Makromolekülen, „biologische Evolution“ zu organisierten Vielzellern.

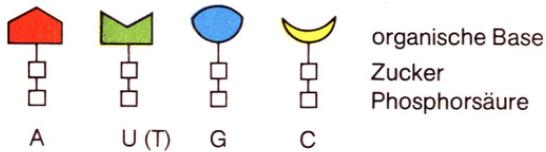
win'sche Selektionsprinzip auch im Bereich der genannten Makromoleküle, also der Nukleinsäuren und Proteine nachweisbar? Oder anders formuliert: Kann man experimentell belegen, daß ein bestimmter Nukleinsäuretyp oder ein bestimmtes Protein sich an Umweltbedingungen in dem Sinne anzupassen vermag, wie es nach dem Darwin'schen Selektionsprinzip zu erwarten wäre?

Zunächst soll die Struktur der Nukleinsäuren dargestellt werden. Nukleinsäuren sind wie gesagt die chemischen Träger der Erbinformation. Es gibt zwei Typen von Nukleinsäuren, die Desoxyribonukleinsäure (DNS) und die Ribonukleinsäure (RNS). Die Bausteine, aus denen die DNS und RNS bestehen, sind in Abbildung 3 in Form von Symbolen wiedergegeben. Alle diese Bausteine, die Nukleotide genannt werden, bestehen aus einer organischen Base (farbige Symbole in Abb. 3) und einem angeknüpften Zucker- und Phosphorsäure-Rest. Die organischen Basen dienen als Informationsträger, während die Zucker- und Phosphorsäure-Reste dazu dienen, die einzelne Nukleotide zu einem Nukleinsäurestrang zu verbinden.

Die RNS trägt vier verschiedene Basen: Adenin und Uracil sowie Guanin und Cytosin. Nun ist es so, daß zwischen diesen Basen eindeutige und spezifische Wechselwirkungen in Form von Wasserstoffbrückenbindungen ausgebildet werden können. Das geschieht in der Weise, daß bei der RNS stets nur Adenin mit Uracil und Guanosin mit Cytosin Wasserstoffbrückenbindungen eingehen können (Abb. 4). In dieser Abbildung tauchen auch die Symbole wieder auf, die in Abb. 3 und 5 zu sehen sind. Diese spezifischen Wechselwirkungen sind die Grundlage für den Mechanismus, nach dem biologische Information übertragen wird. Wie das geschieht, ist in Abb. 5 schematisch dargestellt. Zunächst wird von einem Nukleinsäurestrang (Positiv in der oberen Hälfte von Abb. 5) mit Hilfe von anderen Proteinen, also Makromolekülen, eine Negativkopie des Originalstranges hergestellt. Dieser Negativstrang wirkt dann als Matrize von der in einem anderen Teil einer Zelle oder, im Falle von Viren, in einem anderen Organismus, eine Positivkopie hergestellt wird. Informationsübertragung wird also in diesem Zusammenhang als eine Sequenz von Nukleotiden verstanden, die in der Lage ist, eine Kopie von sich selbst herzustellen oder, wie es in der Fachsprache heißt, sich zu replizieren. An dieser Stelle sei erwähnt, daß bei der in Abb. 5 dargestellten Informationsübertragung gelegentlich Ungenauigkeiten vorkommen. So kann z. B. durch einen Prozeß, den die Chemiker Tautomerisierung nennen, eine ganz geringfügige Änderung, etwa an der Base Adenin, vorkommen. Diese tautomere Form des Adenins erkennt dann nicht mehr Thymin (wie im Falle der DNS) oder Uracil (wie im Falle der RNS), sondern Cytosin. Dadurch wird im nächsten Replikationsdurchgang ein Nukleinsäurestrang entstehen, der ein neues Nukleotid enthält. Solche Tautomerisierungsvorgänge sind deshalb formal identisch mit einer zufällig auftretenden genetischen Mutation.

Als nächstes soll nun noch dargestellt werden, wie die Informationen, die als eindeutige Nukleotidsequenzen in den Nukleinsäuremolekülen

Chemischer Aufbau der Nukleotide



Nukleotidsequenz einer Ribonukleinsäure (RNS)

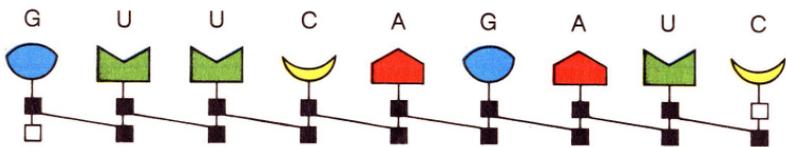


Abbildung 3:
Schematische Darstellung der Bausteine (Nukleotide) der Nukleinsäure RNS (nach Küppers, 1980/81).

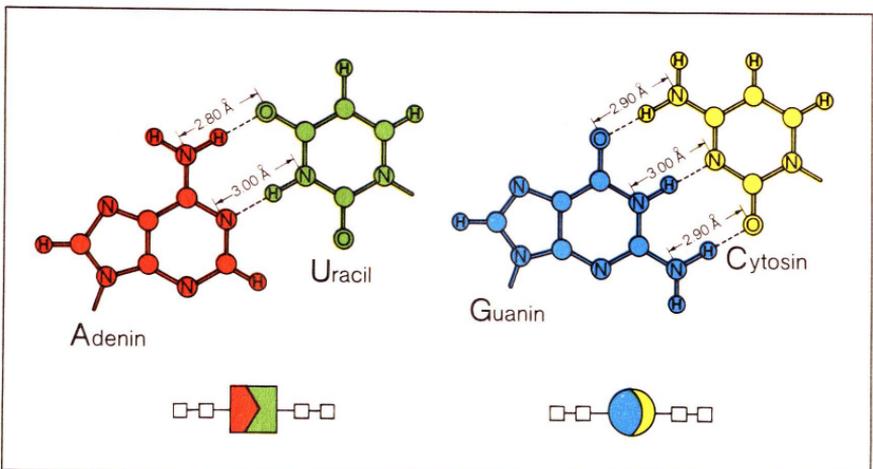


Abbildung 4:
Wechselwirkung zwischen komplementären Nucleobasen. Durch Wasserstoffbrückenbindungen können sich die Nucleobasen Adenin und Uracil (bzw. Thymin) sowie Guanin und Cytosin aneinanderlagern (nach Küppers, 1980/81).

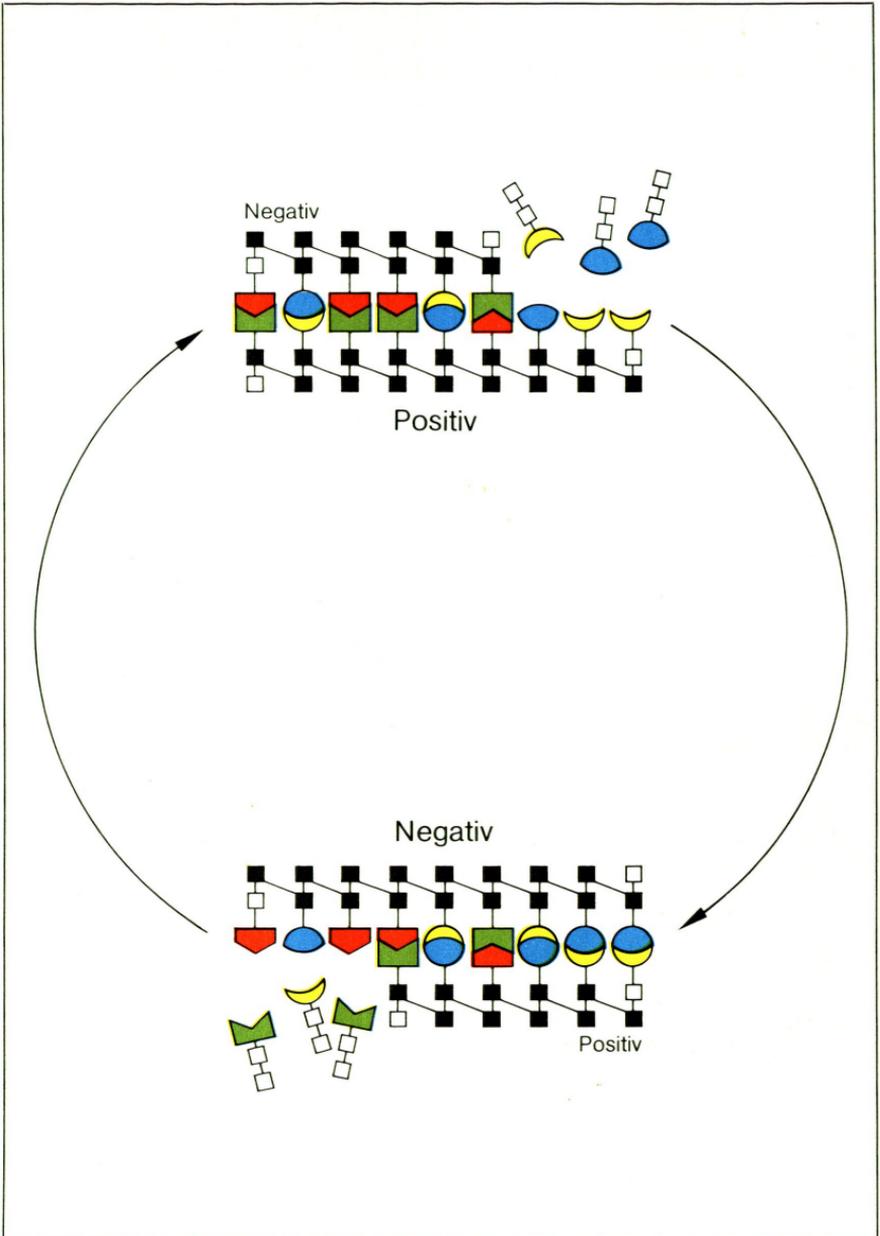


Abbildung 5:
 Mechanismus der Nukleinsäure-Reproduktion. Die Reproduktion einer Nukleinsäure läuft im wesentlichen in zwei Phasen ab: 1) Anfertigen einer Negativ-Form (oben), 2) Umkehrung der Negativ-Form in eine Positiv-Form (unten) (nach Küppers, 1980/81).

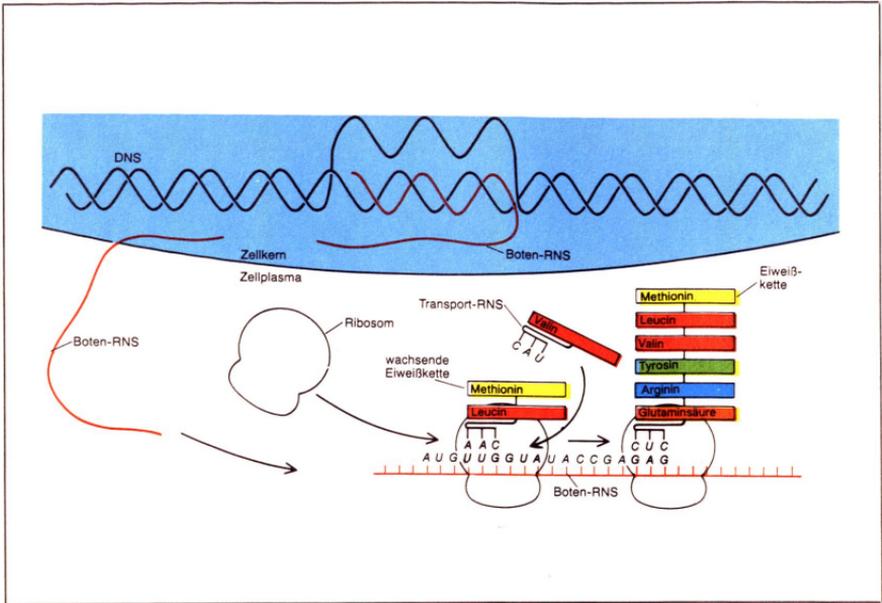


Abbildung 6:

Schematisch dargestellt ist der blau unterlegte Zellkern, der die DNS enthält. Von einem Abschnitt dieser DNS wird eine Kopie (RNS) hergestellt, ganz analog zu dem in Abb. 5 wiedergegebenen Vorgang. Dieser RNS-Strang gelangt nun in den Zell-Leib, das Cytoplasma, wo er sich an eigens dafür vorgesehenen Strukturen, den Ribosomen, anheftet. Zu dem an den Ribosomen festgemachten RNS-Strang treten nun sogenannte Transfer-RNS (t-RNS)-Moleküle. Diese t-RNS-Moleküle tragen auf der einen Seite des Moleküls ein Triplet von drei Basen, in dem dargestellten Beispiel Cytosin, Adenin und Uracil. Auf der anderen Molekülseite trägt die t-RNS eine aktivierte Aminosäure. Die drei Basen C, A und U treten nun mit ihren komplementären Partnern auf der RNS über Wasserstoffbrückenbindungen in Wechselwirkung. Die aktivierte Aminosäure Valin wird mit der bereits vorhandenen Aminosäure Leucin verknüpft. Wenn man diesen Vorgang einige Male wiederholt, so erhält man eine wachsende Kette von Aminosäuren, aus der dann schließlich das Eiweißmolekül entsteht. Es sei darauf hingewiesen, daß ein eindeutiger Zusammenhang zwischen der Nukleotidsequenz der DNS, der RNS und über die t-RNS zu den Proteinen besteht (nach Ayala, 1978).

stecken, in Eiweißmoleküle übersetzt werden, die ja bei den hochorganisierten Vielzellern eine Unzahl von verschiedenen Funktionen wahrnehmen. Aus Abb. 6 läßt sich erkennen, daß die Informationen, die in der Nukleotidsequenz der DNS niedergelegt ist, in eine bestimmte Aminosäuresequenz der Proteine übersetzt werden kann. Die Reihenfolge der Aminosäuren, die die Bausteine der Proteine sind, bestimmen wiederum die Raumstruktur und die Funktion der Eiweiße. So kann also eine Mutation der DNS die Struktur und Funktion von Proteinen beeinflussen.

Ausgerüstet mit diesem Grundwissen soll nun an einigen Beispielen die Mutation und Selektion von biologischen Makromolekülen dargelegt werden.

Dieser Prozeß muß schon bei der Lebensentstehung selbst eine große Rolle gespielt haben – so meinen jedenfalls Manfred Eigen und Sol Spiegelmann. Es ist relativ einfach, sich vorzustellen, welche Vorgänge in der „Ursuppe“ zur Bildung größerer Moleküle führten, die den Nukleinsäuren und Proteinen verwandt waren (vergl. Dickerson, 1978). Das Problem ist, wie solche einmal gebildeten Moleküle miteinander in Wechselwirkung treten und zwar in der Weise, daß eine bestimmte Molekülkombination sich selbst vermehren kann und damit überzufällig häufig in einer „Molekülsuppe“ anzutreffen ist. Sowohl Eigen (1981) als auch Spiegelmann (1968) und ihre Mitarbeiter glauben, daß eben dies auf der Grundlage der Evolution durch Selektion geschehen ist, die also lange vor dem Ursprung des Lebens begonnen hat.

Spiegelmann (1968) und Sumper (1975) züchteten RNS in Gegenwart eines Enzyms, der Q β -Replikase, die aus Viren gewonnen werden kann. Nun ist es möglich, die Umgebungsbedingungen, in denen diese RNS-Replikation mit Hilfe des Enzyms Q β -Replikase abläuft, in vielfältiger Weise zu verändern. So kann man z. B. die Temperatur oder die Salzkonzentration erhöhen oder senken, oder man kann dem System Hemmstoffe der RNS-Synthese hinzufügen. Dieser Versuch wird so durchgeführt, daß man dem Versuchsansatz eine fremde, chemische Substanz zusetzt, die sich an einem oder mehreren Punkten an die Molekülkette der RNS anlagert und dadurch die Produktion neuer Molekülversionen verhindert. Zu den Substanzen, welche die Nukleinsäure dergestalt vergiften, zählt der Farbstoff Bromuracil. Fügt man ihn der aus der Nukleinsäure und dem sie replizierenden Enzym bestehenden Mischung hinzu, bringt es die Vermehrung der Nukleinsäure fast zum Stillstand. Aber schon nach wenigen Minuten treten mutierte Moleküle auf, die gegen das Gift resistent sind und sich vermehren können. Die entsprechenden Analysen haben gezeigt, daß bei diesen Mutanten genau diejenigen beiden Stellen verändert waren, die das Gift normalerweise binden. Die dort vorhandenen chemischen Einheiten sind durch andere ersetzt, die sich nicht mit dem Giftmolekül verbinden, weshalb sich dieses nicht mehr anlagern kann (Mills et al., 1968).

Weiterführende Versuche haben ergeben, daß auch dann farbstoffresistente Varianten der RNS zu erzeugen sind, wenn der Reaktionsansatz von Anfang an einen Farbstoff-Hemmer und nur Nukleotide, also keine Matrizen-RNS enthielt (Sumper und Luce, 1975). Offensichtlich „lernen“

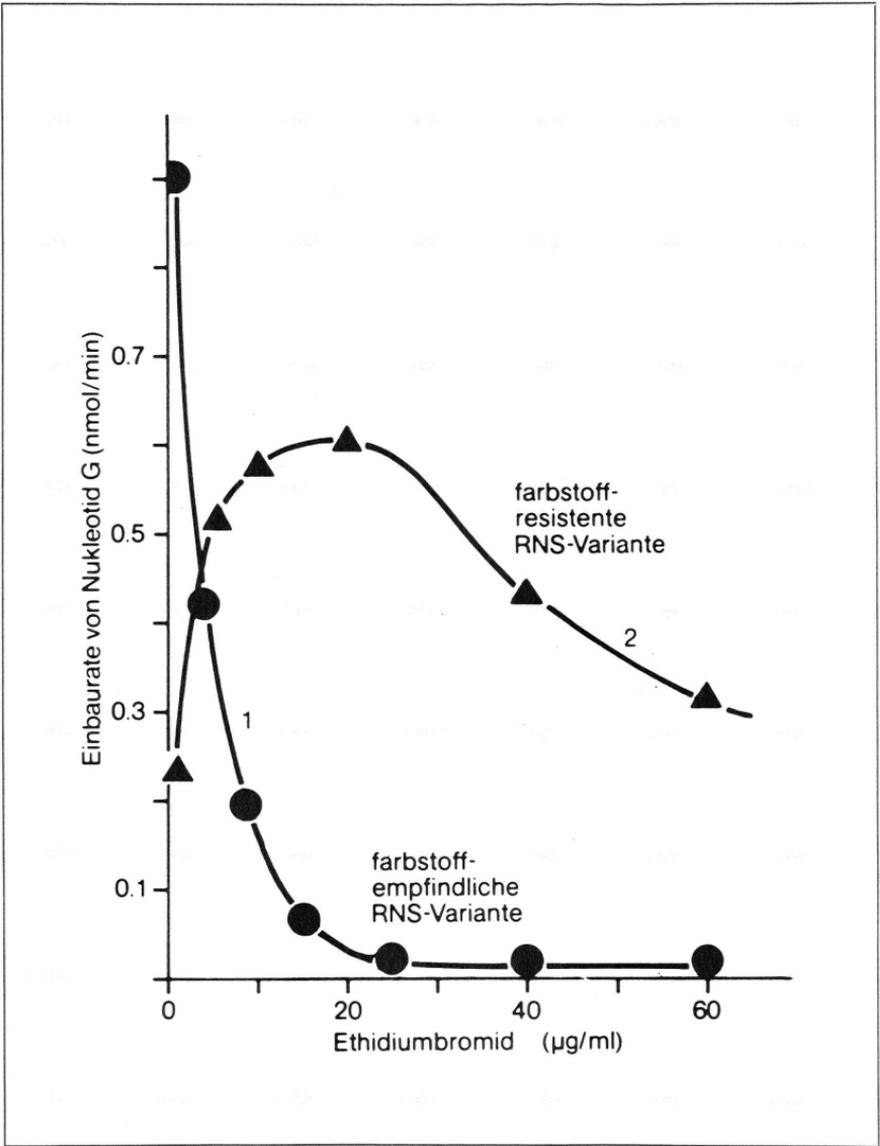


Abbildung 7:

Einbau eines radioaktiv markierten Nukleotids in *de-novo* gebildete RNS bei verschiedenen Konzentrationen des Farbstoffs Ethidiumbromid. Dieser Farbstoff hemmt mit steigender Konzentration die Neubildung von RNS (Punkte). Wird der Farbstoff jedoch von Anfang an dem Reaktionsgemisch zugesetzt, so entsteht nach einiger Zeit eine farbstoff-resistente RNS-Variante (Dreiecke) (nach Sumper und Luce, 1975, aus: Küppers 1980/81).

die RNS-Stränge, die von dem Enzym Q β -Replikase *de novo* gemacht werden, den Farbstoff Ethidiumbromid einzubauen, so daß er Bestandteil des Moleküls wird. Das kann man daraus schließen, daß die *de novo* gebildeten RNS-Moleküle farbstoffsüchtig werden, d. h. daß sie in Abwesenheit des Farbstoffs nicht mehr recht gedeihen können (Abb. 7). Aus den beiden geschilderten Experimenten kann man den Schluß ziehen, daß so etwas wie natürliche Selektion schon im Reagenzglas funktioniert und dort direkt aus den Materieeigenschaften des Systems ableitbar ist.

Nun ist es freilich ein großer Sprung von den unter Laboratoriumbedingungen „lernfähigen“ Molekülen zu der selbstorganisierten Materie, aus der sich selbst einfachste Einzeller zusammensetzen. Um den üblichen Kriterien eines lebenden Systems zu genügen, muß eine „Materie“, die als Lebensursprung bezeichnet werden könnte, drei Grundbedingungen erfüllen: Sie muß sich selbst erhalten, sie muß sich vermehren können und soll sich gelegentlich erblich wandeln. Ein gedachtes System, das diese drei Bedingungen ansatzweise erfüllt, ist der von Manfred Eigen vorgeschlagene Hyperzyklus (Eigen, 1971; Eigen et al. 1981). Dieser Hyperzyklus soll die Grundlage für die Lebensentstehung bilden, die irgendwann in dem Zeitraum zwischen der Erdentstehung vor 4,5 Milliarden Jahren und dem Nachweis von Mikrofossilien vor 3,2 Milliarden Jahren stattgefunden hat.

Um einen solchen Hyperzyklus in einem Tropfen „Ursuppe“ in Gang zu bringen, habe einer der Nukleinsäure-Zyklen mit Hilfe von Proteinen ein chemisches Produkt – ein Protein – erzeugen müssen, das den Ablauf eines zweiten Nukleinsäurezyklus beschleunigt habe. Dieser Zyklus wiederum habe ein Protein erzeugt, das einen dritten Nukleinsäure-Zyklus vorangetrieben habe – und so weiter bis das soundsovielste Protein wieder den ersten Nukleinsäurezyklus unterstützt habe. Von diesem Augenblick an sei die gesamte Produktion stark beschleunigt verlaufen. Bis zu diesem Zeitpunkt seien alle beteiligten Zyklen nur schleppend verlaufen und die Proteine nicht vermehrbar gewesen. Das Schließen des Hyperzyklus habe sowohl ihr Reproduktions- als auch ihr Evolutionspotential sehr gesteigert, weil nun die verschiedenen Eigenschaften der Proteine und Nukleinsäuren kombiniert gewesen seien. Diese Hyperzyklen seien, weitaus besser als alles was vorher dagewesen sei, in der Lage gewesen, die molekularen Rohstoffe der Suppe für ihr Wachstum und ihre Vermehrung nutzbar zu machen. Als „Sieger“ unter mehreren miteinander konkurrierenden Hyperzyklen mag wohl der hervorgegangen sein, der die Fähigkeit erwarb, sich in kleinen Paketen – den ersten lebenden Zellen – zu verpacken. Dazu hat er vielleicht Ölbläschen im Wasser gebildet oder Fettsubstanzen erzeugt, die seinen Cocktail wichtiger Chemikalien wie eine Haut oder Membran umhüllten (Calder, 1973).

Aus den bisher geschilderten Experimenten und theoretischen Modellen kann man den Schluß ziehen, daß die eine große Gruppe der Makromoleküle, die Nukleinsäuren, dem Darwin'schen Selektionsprinzip gehorchen. Im folgenden soll nun noch näher auf die Proteine eingegangen werden. Als repräsentatives Beispiel seien die Hämoglobine gewählt, weil gerade

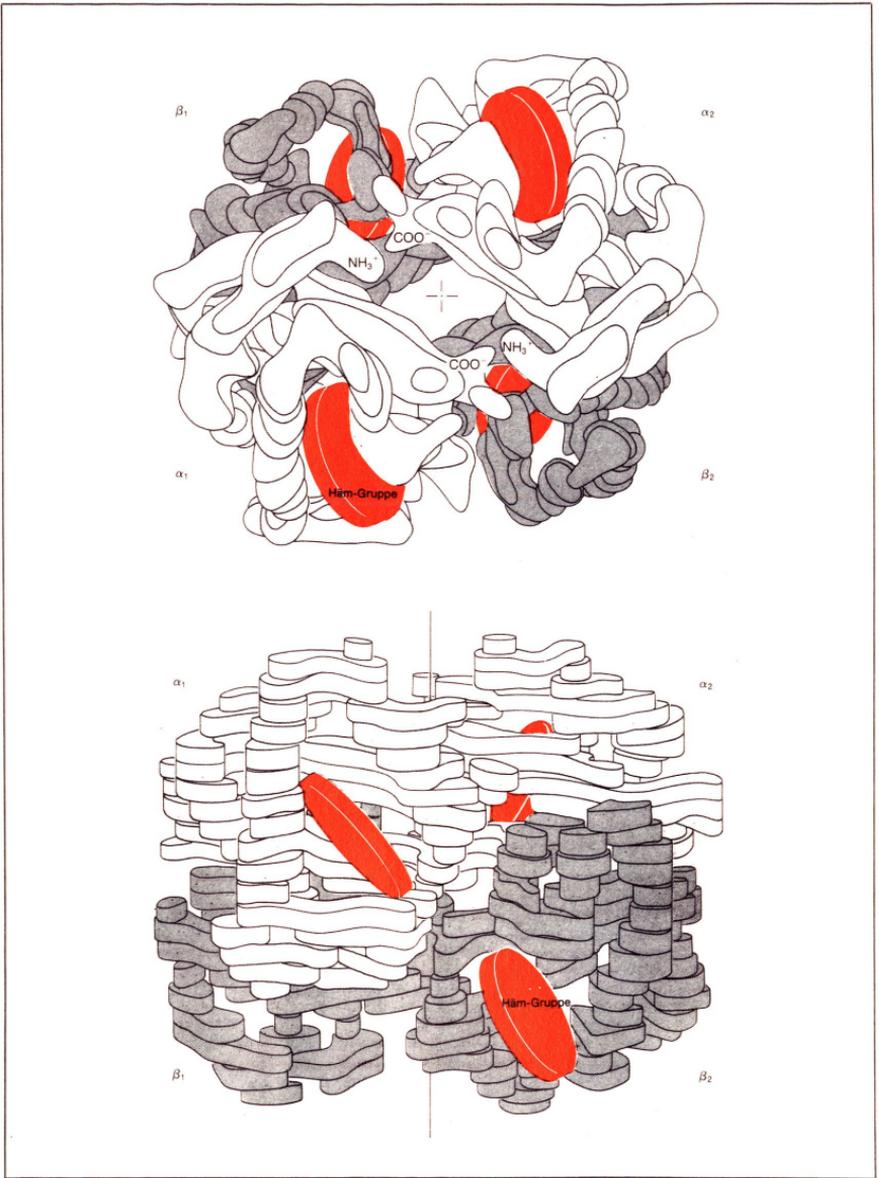


Abbildung 8:

Das vollständige Hämoglobin-Molekül setzt sich aus vier Untereinheiten zusammen, von denen jede aus einer Polypeptidkette und einer Hämgruppe (rote Scheiben) besteht. Es gibt zwei verschiedene Untereinheiten, die man als α (hellgrau) und β (dunkelgrau) bezeichnet. Der Eiweißanteil von α - und β -Ketten unterscheidet sich in seiner Aminosäuresequenz. Das Hämoglobin ist im oberen Bild von oben gesehen und im unteren Bild in einer Seitenansicht. Jede Hämgruppe liegt in einer Tasche an der Oberfläche des Moleküls (nach Perutz, 1979).

über dieses Proteinsystem eine große Menge von chemischen, physiologisch-chemischen und physiologischen Befunden vorliegen.

Hämoglobin ist ein eisenhaltiges Protein, das bei allen Wirbeltieren die Rolle des Sauerstoffträgers übernimmt. In der Lunge wird der Sauerstoff von diesem Transportprotein aufgenommen und durch die Herztätigkeit zu den Geweben gebracht, wo der Sauerstoff das Hämoglobinmolekül wieder verläßt, um die biologische Verbrennung von Nahrungsmitteln zu ermöglichen. Das Hämoglobinmolekül besteht aus zwei Anteilen: der eisenhaltigen Hämgruppe, die den Sauerstoff bindet und dem Protein- oder Globinanteil, der sich wie eine Hülle um die Hämgruppe legt (Abb. 8). Diese besondere Weise der Aufbewahrung der Hämgruppe im Proteinanteil schützt das Eisen vor dem Verrosten, d. h. sie ermöglicht erst, daß der Sauerstoff reversibel gebunden wird. Eine reversible Bindung bedeutet, daß der Sauerstoff das Eisen der Hämgruppe leicht wieder verlassen kann, während im Rost Eisen und Sauerstoff eine sehr feste, irreversible Verbindung eingegangen sind.

Die reversible oder physiologische Bindung kann durch Phosphatverbindungen verändert werden, die in den roten Blutzellen in relativ hoher Konzentration vorkommen. Die physiologisch wichtigste Phosphatverbindung ist das 2,3-diphosphoglycerat (DPG), das in menschlichen roten Blutkörperchen in den selben Konzentrationen vorliegt wie das Hämoglobin.

Diese Wechselwirkung des Hämoglobins mit DPG auf der einen Seite und der Sauerstoffanlagerung auf der anderen Seite ist ein Paradebeispiel für die Anpassungsfähigkeit eines Proteins an bestimmte Umgebungsbedingungen. Diese Aussage soll anhand einer Entwicklungsphase belegt werden, durch die wir als Säugetiere alle einmal hindurchgegangen sind, nämlich den Abschnitt der vorgeburtlichen Entwicklung oder der Foetalperiode. Menschliche Foeten beziehen wie alle Säugetiere ihren Sauerstoff vom mütterlichen Blut mit Hilfe eines komplexen Organs, das Placenta genannt wird. Durch diese Placenta nimmt der Foetus seinen Sauerstoff auf und gibt die im Stoffwechsel entstehende Kohlensäure an das mütterliche Blut ab. Der Übertritt von Sauerstoff vom mütterlichen in das foetale Blut wird dadurch befördert, daß das mütterliche Blut den Sauerstoff relativ leicht abgibt, während das foetale Blut Sauerstoffbindungseigenschaften hat, die eine gute Sauerstoffaufnahme gewährleisten. Wie sind nun diese Unterschiede auf der molekularen Ebene zu erklären? Wie in Abb. 8 gezeigt, besteht das Hämoglobin des Erwachsenen aus zwei identischen α - und zwei identischen β -Untereinheiten. Beim foetalen Hämoglobin sind die β -Ketten gegen sogenannte γ -Ketten ausgetauscht, die sich in ihrer Aminosäuresequenz von den β -Untereinheiten des Erwachsenenhämoglobins unterscheiden.

Neue Berechnungen über das entwicklungsgeschichtliche Alter der γ -Ketten des menschlichen foetalen Hämoglobins haben ergeben, daß die Genduplikation, die schließlich zu den γ -Ketten des foetalen Hämoglobins führte, schon vor mehr als 150 Millionen Jahren stattgefunden hat (Goodman et al., 1982). Als Genduplikation bezeichnet man ein Muta-

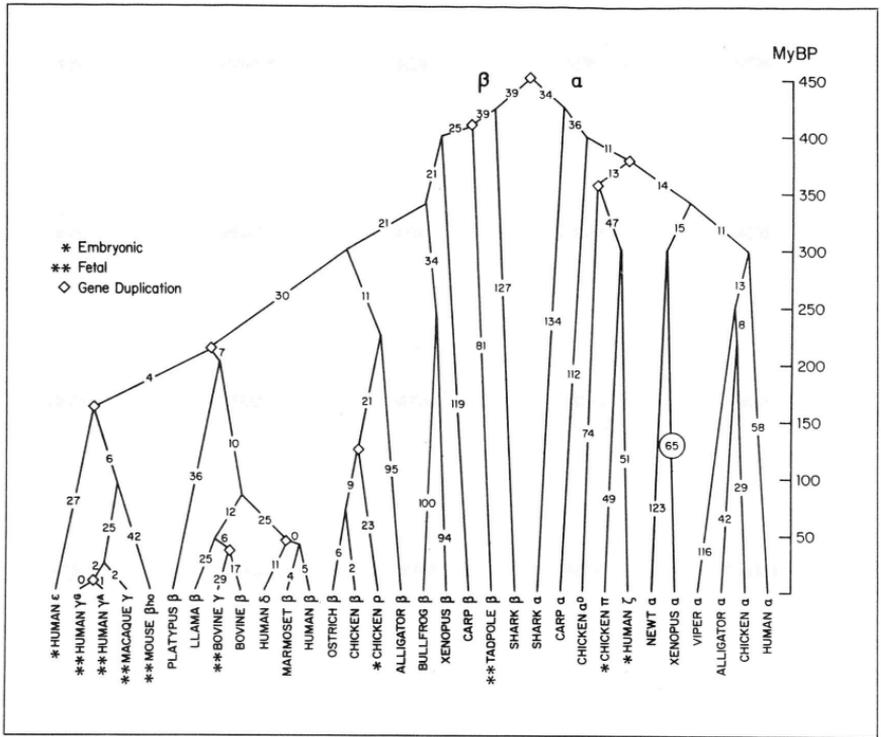


Abbildung 9:

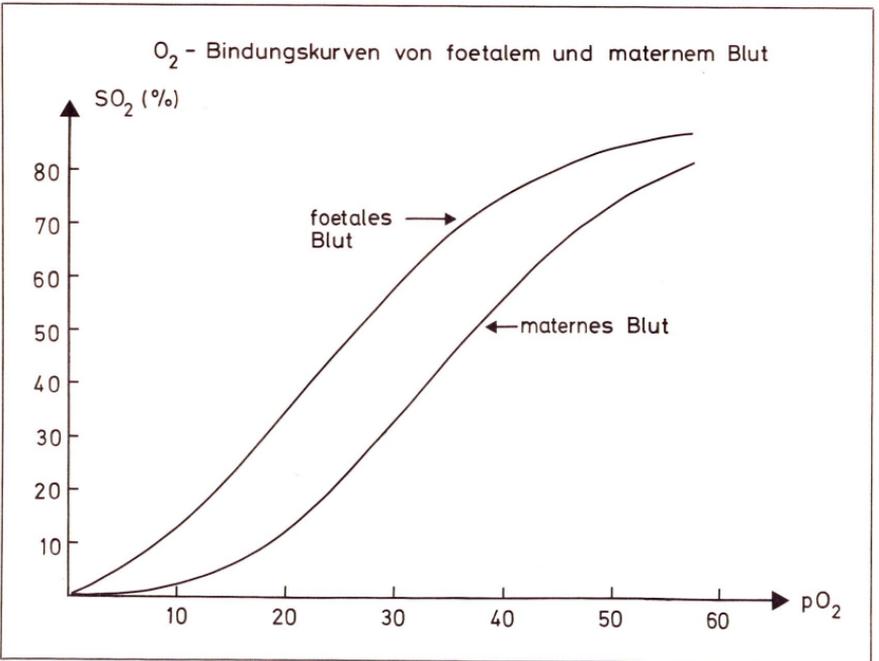
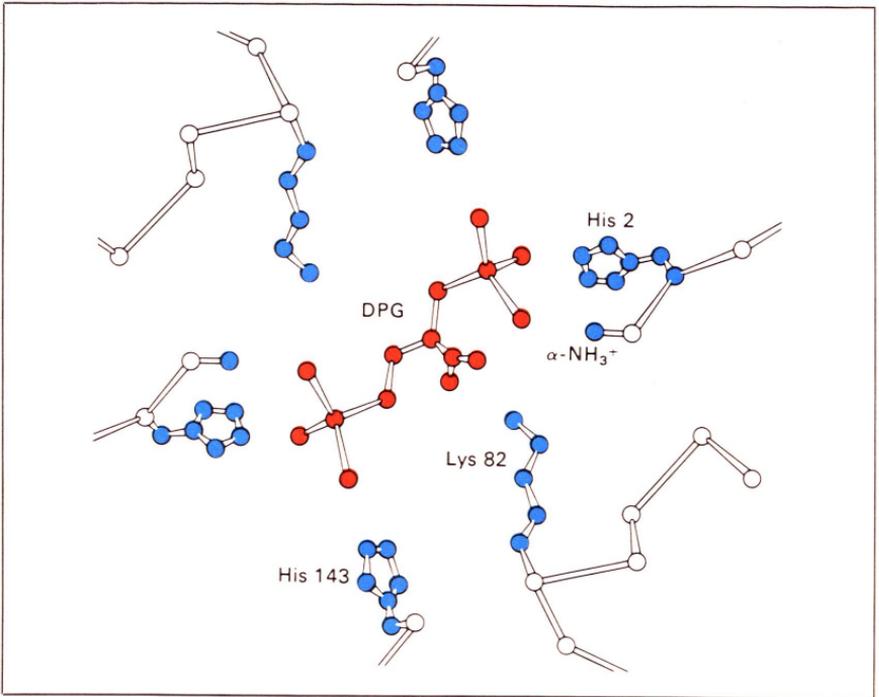
Stammbaum des Hämoglobins aufgetrennt nach α - und β -Ketten. Die Zahlen in den Linien geben die Anzahl von Nukleotid-Austauschen an, die notwendig sind, um von einem Verzweigungspunkt des Globinstammbaumes zum nächsten zu kommen. Die Zahl zur Xenopus α -Kette ist durch einen Kreis gekennzeichnet, weil von dieser Untereinheit nicht eine vollständige Aminosäuresequenz, sondern nur eine Teilsequenz vorliegt. Die Rauten-Symbole bezeichnen Gen-Verdopplungen, die zu einem neuen Typ von Untereinheiten (z. B. ϵ -Ketten oder γ -Ketten) führen. Die Zeitskala auf der rechten Seite ist in Millionen Jahren vor der Gegenwart angegeben (nach Goodman et al., 1982).

tionsereignis, das zur Verdoppelung eines Strukturgens führt, wobei sich die jetzt verdoppelten Gene getrennt weiterentwickeln können. Genduplikationen sind wahrscheinlich einer der bedeutsamsten Mechanismen, um neue Gene und neue biochemische Funktionen während der Evolution zu erzeugen (Gilbert, 1981; Jeffreys und Harris, 1982).

Ein Stammbaum des Hämoglobins ist in Abb. 9 wiedergegeben. Ganz links in der Abbildung ist die Genduplikation, die schließlich zu den γ -Ketten des menschlichen foetalen Hämoglobins führte, in Form einer Raute wiedergegeben. Zu diesem Zeitpunkt, also vor 150 Millionen Jahren, lebte bereits eine Stammform der Säugetiere, die Eupanthotera, die als die unmittelbaren Ahnen der Placentatiere gelten (Thenius, 1969; Romer, 1974).

Was ist nun das Ergebnis der Entwicklung eines foetalen Hämoglobins beim Menschen? Die Sauerstoffbindung an menschliches Hämoglobin wird wesentlich durch die Anlagerung des Phosphatmoleküls 2,3-diphosphoglycerat, DPG, bestimmt. Die Bindungsstelle des DPG-Moleküls am Hämoglobin ist in Abb. 10 genauer dargestellt. Die Stärke dieser Bindung beeinflusst die Sauerstoffbindungsfähigkeit des Hämoglobins. Je stärker das Phosphatmolekül gebunden wird, desto schwerer wird sich Sauerstoff anlagern können bzw. um so größer wird seine Tendenz sein, das Hämoglobin wieder zu verlassen. Umgekehrt führt eine schwache DPG-Bindung zu einer leichten Sauerstoffanlagerung. Diese Zusammenhänge sind nun bei der Konstruktion der γ -Ketten des foetalen Hämoglobins ausgenutzt worden. Die Anzahl der positiv geladenen Gruppen, die am Hämoglobin mit dem negativ geladenen DPG-Molekül in Wechselwirkung treten, ist beim adulten und foetalen Hämoglobin unterschiedlich. Beim adulten Hämoglobin sind insgesamt acht positiv geladene Gruppen für die DPG-Bindung vorhanden (Abb. 10). Beim foetalen Hämoglobin dagegen stehen für die DPG-Bindung nur sechs Kontaktstellen zur Verfügung, weil die positiv geladene Aminosäure Histidin (His 143) gegen das neutrale Serin ausgetauscht ist. Außerdem führt der Ersatz von Valin durch Glycin in der Position 1 (Val β 1 \rightarrow Gly γ 1) zu einer veränderten Geometrie der DPG-Bindungsstelle, die ebenfalls für die Phosphatanlagerung ungünstig ist (Frier und Perutz, 1977). Die schwache DPG-Bindung an foetales Hämoglobin ergibt also Sauerstoffbindungseigenschaften des foetalen Blutes, die durch eine leichte Sauerstoffaufnahme gekennzeichnet sind, während die starke DPG-Bindung an das Erwachsenenämoglobin die Sauerstoffabgabe begünstigt.

Die unterschiedliche Lage der Sauerstoffbindungskurven von foetalem und mütterlichem Blut (Abb. 11) ist also die direkte Folge der unterschiedlichen Wechselwirkung von foetalem und adultem Hämoglobin mit DPG, was wiederum den Sauerstoffübertritt vom mütterlichen in den foetalen Kreislauf erleichtert. Man kann nun im Tierexperiment dieses unterschiedliche Sauerstoffbindungsvermögen des mütterlichen und foetalen Blutes aufheben. Mit solchen Experimenten ist es möglich, einen Zustand herzustellen, wie er vor der Entwicklung eines speziellen foetalen Hämoglobins geherrscht haben könnte. Die Hypothese, die zu prüfen war, lautet



also: Hat das Vorhandensein von foetalem Hämoglobin und damit einer hohen Sauerstoffaffinität des foetalen Blutes einen nachweisbaren Vorteil für den Foeten? Tierexperimente, in denen die unterschiedliche Sauerstoffaffinität zwischen mütterlichem und foetalem Blut aufgehoben wurde, haben ergeben, daß bei den Foeten Zeichen eines Sauerstoffmangels zu beobachten waren (Battaglia et al., 1969; Hebbel et al., 1980; Bauer et al., 1981). Damit würde also die Hypothese, daß das Vorhandensein von foetalem Hämoglobin tatsächlich für die Sauerstoffversorgung des Foeten von Bedeutung ist, experimentell untermauert sein. Diese Versuche sind ein deutlicher Hinweis dafür, daß sich Proteinstruktur und -funktion nach dem Darwin'schen Selektionsprinzip entwickelt haben. Obwohl entsprechende experimentelle Untersuchungen nicht immer möglich sind, kann man aus dem zeitlichen Muster der Proteinevolution (Goodman, 1981; Goodman et al., 1982) den Schluß ziehen, daß dies für viele verschiedene Proteine zutrifft.

Abbildung 10:

Darstellung der positiv geladenen Aminosäurereste des Hämoglobinmoleküls, die für die Bindung des negativ geladenen DPG-Moleküls verantwortlich sind (aus: Stryer, 1981).

Abbildung 11:

Sauerstoffbindungskurven von foetalem und mütterlichem Blut. Aufgetragen ist die Sauerstoffsättigung des Hämoglobins gegen den Partialdruck des Sauerstoffs. Aus der Tatsache, daß zur Halbsättigung (50% O₂-Beladung) des foetalen Blutes ein geringerer Sauerstoffpartialdruck notwendig ist als zur Halbsättigung des mütterlichen Blutes, läßt sich ablesen, daß die Sauerstoffaffinität von foetalem Hämoglobin höher ist als von Erwachsenenhämoglobin.

- Ayala, F. J.*: The mechanisms of evolution. *Scientific American*, 48 – 61 (September 1978).
- Battaglia, F. C., Bowes, W., McGaughey, H. R., Makowski, E. L., Meschia, G.*: The effect of fetal exchange transfusion with adult blood upon fetal oxygenation. *Pediat. Res.* 3, 60 – 65 (1969).
- Bauer, C., Jelkmann, W., Moll, W.*: High oxygen affinity of maternal blood reduces fetal weight in rats. *Respir. Physiol.* 43, 169 – 177 (1981).
- Calder, N.*: *Das Lebensspiel*. Bern und Stuttgart, Hallwag (1973).
- Dickerson, R. E.*: Chemical evolution and the origin of life. *Scientific American*, 61 – 83 (September 1978).
- Eigen, M.*: Self-organisation of the matter and the evolution of biological macromolecules. *Naturwissenschaften* 58, 465 – 523 (1971).
- Eigen, M., Gardiner, W., Schuster, P., Winkler-Oswatitsch, R.*: Ursprung der genetischen Information. *Spektrum der Wissenschaft*, 36 – 56 (Juni 1981).
- Frier, J. A., Perutz, M. F.*: Structure of human fetal deoxyhemoglobin. *J. mol. Biol.* 112, 97 – 112 (1977).
- Gilbert, W.*: DNA sequencing and gene structure. *Science* 214, 1305 – 1312 (1981).
- Goodman, M.*: Decoding the pattern of protein evolution. *Prog. Biophys. molec. Biol.* 37, 105 – 164 (1981).
- Goodman, M., Weiss, M. L., Czelusniak, J.*: Molecular evolution above the species level: branching pattern, rates, and mechanisms. *Systematic Zoology* (im Druck) 1982.
- Hebbel, R. P., Berger, E. M., Eaton, J. W.*: Effect of increased maternal hemoglobin oxygen affinity on fetal growth in rats. *Blood* 55, 969 – 974 (1980).
- Jeffreys, A. J., Harris, S.*: Processes of gene duplication. *Nature* 296, 9 – 10 (1982).
- Kaplan, R.*: *Der Ursprung des Lebens*. Stuttgart, Georg Thieme (1972).
- Küppers, B.-O.*: Evolution im Reagenzglas. *Mannheimer Forum* 80/81, 47 – 114, Hamburg, Hoffmann und Campe.
- Mills, D. R., Peterson, R. L., Spiegelman, S.*: An extracellular Darwinian experiment with a self-duplicating nucleic acid molecule. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 58, 217 – 224 (1968).
- Perutz, M. F.*: Struktur des Hämoglobins und Transportvorgänge bei der Atmung. *Spektrum der Wissenschaft*, 18 – 34 (Februar 1979).
- Romer, A. S.*: *Vertebrate Paleontology*. Chicago und London, The University of Chicago Press (1974).
- Stryer, L.*: *Biochemistry*. San Francisco, Freeman (1981).
- Sumper, M., Luce, R.*: Evidence for *de novo* production of self-replicating and environmentally adapted RNA structures by bacteriophage Q β replicase. *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 72, 162 – 166 (1975).
- Thenius, E.*: *Phylogenie der Mammalia*. Berlin, de Gruyter (1969).
- Valentine, J. W.*: The evolution of multicellular plants and animals. *Scientific American*, 104 – 118 (September 1978).

GIBT ES EINE PHYSIKALISCHE EVOLUTION?

Das Thema zielt auf die Frage nach der Existenz einer evolutionären Entwicklung des Kosmos vor der Entstehung des Lebens. Hören wir hierzu zunächst einen Zeitgenossen Ch. Darwins, den Jenaer Biologen Ernst Haeckel, der sich für die Verbreitung der Darwinschen Lehre in Deutschland eingesetzt hatte. Im Jahre 1899 erschien von ihm eine Streitschrift unter dem Titel „Welträtsel“, die in mehreren Auflagen von einigen Hunderttausend Exemplaren Verbreitung fand. Ausgehend von den großen naturwissenschaftlichen Entdeckungen des 19. Jahrhunderts entwickelt Haeckel darin ein materialistisches Glaubensbekenntnis, das er Monismus nennt. Haeckel macht dabei eine wichtige Annahme, die auch heute noch eine un widersprochene Voraussetzung jeder naturwissenschaftlichen Forschung ist, nämlich die „Einheit der Natur“. Haeckel drückt das so aus: „Wir sind jetzt zu der klaren Überzeugung gelangt, daß auch alle Erscheinungen des organischen Lebens ebenso dem universalen Substanz-Gesetz unterworfen sind wie die anorganischen Phänomene im unendlichen Kosmos. Die Einheit der Natur, die hieraus folgt, die Überwindung des früheren Dualismus, ist sicher eines der wertvollsten Ergebnisse unserer modernen Genetik“.*)

Die „universalen Substanzgesetze“ des Kosmos beschreibt er im einzelnen. Dazu gehört die Erhaltung der Energie und des Stoffs im Kosmos. Diesen stellt er sich als unendlich ausgedehntes stationäres Universum, vor, das sich gleich einem riesigen Perpetuum Mobile ewig bewegt. Dennoch ist er unzufrieden mit der Newtonschen Physik, die ihm zu mechanistisch erscheint. Er zieht ihr eine romantische Vorstellung von der Materie vor und spricht von „beseelten Atomen im Anklang an Empedokles Lehre vom Lieben und Hassen der Elemente“. Hart geht er mit Clausius Entropiesatz (dem heutigen 2. Hauptsatz der Thermodynamik) ins Gericht. Dieser Satz besagt, daß in einem abgeschlossenen System alle Prozesse einem Entropiemaximum, d. h. einer maximalen Unordnung, zustreben. Er stellt nämlich mit Recht fest, daß seine Anwendung auf das Universum, wie es den damaligen Vorstellungen entsprach, letztendlich zum Wärmetod führen müßte: „Alle Temperaturunterschiede müßten zuletzt verschwinden . . . alles organische Leben und alle organische Bewegung würde aufgehört haben . . . das wahre Ende der Welt wäre da.“ Ein Ende der Welt würde auch einem Anfang mit kleinster Entropie und größten Temperaturdifferenzen entsprechen. Dies aber lehnt Haeckel ab: „Es gibt einen Anfang der Welt ebensowenig wie ein Ende derselben.“

*) Genetik ist hier im Sinne von Entwicklungslehre gemeint.

Die Kosmologie, die um 1900 noch sehr unzureichend entwickelt war, bekam bald darauf ganz wesentliche Anregungen durch Albert Einsteins allgemeine Relativitätstheorie, welche die Raum-Zeitstruktur mit der Massenverteilung im Kosmos zu verknüpfen gestattet. Der Wärmetod als Ende der Entwicklung erscheint uns heute wenig wahrscheinlich. Stattdessen ergibt sich ein Bild der kosmischen Entwicklung von geringen Temperatur- und Dichteunterschieden zu großen Unterschieden, von Gas- und Staubwolken zu Sternsystemen, von der Einheit eines heißen Plasmas im Urknall zur Vielfalt unserer gegenwärtigen Welt. Wäre es deshalb nicht auch sinnvoll, von einer physikalischen Evolution zu sprechen? Die Biologie umschreibt den Begriff „Evolution“ durch folgende Merkmale:

- Entwicklung von einfachen zu immer komplexeren Strukturen
- Vermehrung als Reproduktion der Artmerkmale
- Gelegentliche Mutation und
- Selektion der bestangepaßten Mutante.

Wir wollen die Beschreibung der kosmischen Entwicklung auf die Entstehung chemischer Elemente und einfacher Moleküle beschränken. Anhand dieser Skizze wird es dann möglich sein, den Unterschied von biologischer Evolution und Entwicklung des Kosmos herauszustellen.

2. Entstehung der Elemente

Es herrscht heute weithin Einigkeit unter den Astrophysikern, daß unser Kosmos nicht seit Ewigkeiten besteht, sondern daß er sehr wahrscheinlich nach einem explosionsartigen Beginn durch eine heiße Anfangsphase lief, ehe sich die heutigen Strukturen entwickelten. Eine wichtige Beobachtung dazu machte E. Hubble 1929, als er bemerkte, daß sich alle Galaxien von uns wegbewegen und zwar um so schneller, je weiter sie entfernt sind (s. Fig. 1). Die sogenannte Fluchtgeschwindigkeit läßt sich aus der Rotverschiebung der Spektrallinien ableiten. Die Lichtwellenlänge λ erscheint nämlich um $\Delta\lambda$ größer, wenn sich die Lichtquelle von uns wegbewegt. Für kleine Fluchtgeschwindigkeiten v ist

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \quad (1)$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist. Bei einem Abstand r vom Beobachter gilt nach Hubble

$$v = H_0 \cdot r \quad (2)$$

$H_0 = 60$ km/sek. pro 10^6 Lichtjahre heißt Hubble-Konstante. Sie hat die Dimension einer reziproken Zeit, also

$$\frac{1}{H_0} \approx 16 \cdot 10^9 \text{ Jahre} \quad (3)$$

Die absolute Bestimmung ist schwierig, so daß eine Unsicherheit um einen Faktor 2 möglich ist. $\frac{1}{H_0}$ gibt im kosmologischen Standardmodell ein Maß

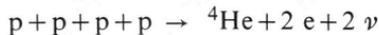
für das „Weltalter“ an; es ist größer als das Alter der ältesten bekannten Gesteine. Wenn es richtig ist, daß man bei stark rotverschobenen Objekten immer tiefer in den Raum hineinsieht, dann sollte es damit auch möglich sein, in die Zeit zurückzusehen, in frühere Phasen des Kosmos. Der Strahlungsüberrest aus der heißen Phase des Kosmos ist durch Abkühlung soweit rotverschoben, daß wir ihn im Mikrowellenbereich suchen müssen. Wichtig ist, daß diese Strahlung aus allen Richtungen zu uns kommt und ein charakteristisches Intensitätsprofil hat, das einer Planckschen Strahlungskurve entspricht (s. Fig. 2). Für die 1965 erfolgte Entdeckung dieser kosmischen Hintergrundstrahlung haben R. Wilson und A. Penzias 1978 den Nobelpreis für Physik bekommen. Man beachte, daß die Strahlungskurve einer Temperatur von 2,7 Kelvin entspricht. Das ist die Temperatur, auf die sich der kosmische Feuerball nach etwa 16 Milliarden Jahren Expansion abgekühlt hat. Wir kommen nun auf unsere anfangs gestellte Frage nach der Entstehung der chemischen Elemente zurück. In der kosmischen Materie entfallen auf 71 Gewichtsprozent Wasserstoff 27% Helium und 2% auf die restlichen Elemente, die vorwiegend von C, N, O und Ne gebildet werden. Um das Entstehen der leichten Elemente (H, He, D) zu verstehen, muß man auf die erste Sekunde des Kosmos zurückgehen, als der Feuerball eine Temperatur von etwa 10 Milliarden Grad hatte (s. Tabelle 1). Oberhalb dieser Temperatur wandeln sich Neutronen und Protonen ständig ineinander um, entsprechend den Prozessen oben links in Tab. 1, die unterhalb von 10 Milliarden Grad zugunsten der etwas leichteren Protonen nach rechts verlaufen. Dabei entkoppeln die Neutrinos von der Materie. Es stellt sich ein Verhältnis der Zahl der Neutronen zu der der Protonen von etwa 17% zu 83% ein. Bei etwa 3 Milliarden Grad verschwindet ein großer Teil der leichten Teilchen (Leptonen) zugunsten von Strahlung: Elektron-Positronpaare rekombinieren zu Photonen. Noch können sich keine schweren Atomkerne bilden. Die Temperaturbewegung ist größer als es der Bindungsenergie eines Protons an einem Neutron entspricht. Erst unterhalb einer Milliarde Grad ist diese Bindung stabil und es entstehen die Kerne des Schweren Wasserstoffs (^2H), auch Deuteronen genannt. Die Deuteronen sind aber, wie wir aus den Reaktionen der Tabelle 1 ersehen, wichtige Zwischenprodukte vor der Synthese schwerer Kerne wie ^3He und vor allem ^4He , welches das weitaus stabilste Element unter den leichten Elementen ist. Man kann deshalb sagen, daß praktisch alle Wege zum ^4He (sprich: Helium 4) führen, wenn einmal Deuteronen existieren können.

Etwa 35 Minuten nach dem Urknall ist die Nukleosynthese mit einem Anteil von etwa 28% Heliumkernen abgeschlossen. Daneben bleiben in Spuren auch ^2H - und ^3He -Kerne übrig. Die Elementsynthese läuft jedoch nicht über ^4He hinaus, weil es keinen stabilen Kern mit der Massenzahl 5 gibt. Für kompliziertere Reaktionen ist die heiße Phase des Kosmos zu kurz.

Die kosmische Expansion geht nun ohne dramatische Ereignisse weiter, bis sich nach etwa 700 000 Jahren das Urplasma auf etwa 3500 Grad abgekühlt hat. Jetzt können die Atomkerne Elektronen einfangen und neutrale

H- und He-Atome bilden. Die dabei entstehenden Photonen werden an das Strahlungsfeld abgegeben, das nun unabhängig von Materie abkühlt und heute eine Temperatur von 2,7 K angenommen hat. Alle schwereren Elemente können nach heutiger Auffassung erst später, nachdem Galaxien und Sterne auskondensierten, im Inneren von Sternen gebildet werden.

Sterne bilden sich aus interstellarem Gas und Staub. Interstellare Wolken haben i. a. eine sehr kleine Dichte, d. h. 1 bis 100 Atome pro cm^3 und bis zu 10 Staubteilchen auf 1 Million m^3 . Ist der Gravitationsdruck solcher Wolken größer als der Gasdruck, dann fällt die Wolke in sich zusammen, wobei die Temperatur in den dichten Bereichen ansteigt. Schließlich bilden sich Protosterne, die zu strahlen beginnen. Die abgestrahlte Energie muß aber der Gravitationsenergie entnommen werden. Dabei zieht sich der Protostern weiter zusammen, bis die Energie im Innern schließlich so hoch wird, daß bei etwa 10 Millionen Grad Kernprozesse zünden. Jetzt wird die abgestrahlte Energie aus der Kernfusion gespeist. Im Zentrum der Sonne findet die Wasserstoff-Fusion bei Temperaturen zwischen 15 und 20 Mill. Grad und einer Dichte von etwa 100 g/cm^3 statt. Dabei werden 4 Protonen zu einem Heliumkern über verschiedene Zwischenreaktionen verschmolzen (s. Tab. 2):



ν ist das Zeichen für Neutrino. Die Phase des Wasserstoffbrennens ist die längste und stabilste in der Lebensdauer eines Sterns. Bei Zwergsternen wie der Sonne dauert sie etwa 10^{10} Jahre. Massereiche Sterne dagegen verbrennen sehr viel schneller. Ein Stern von 50 Sonnenmassen würde diese Phase bereits in 5 Millionen Jahren durchlaufen. Allmählich reichert sich das Zentrum des Sterns mit Helium an. Das Wasserstoffbrennen frißt sich nun auf einer Kugelschale nach außen, während der heliumreiche Kern weiter kontrahiert. Bei ca. 10^8 Grad zündet das Heliumbrennen:

Es läuft über instabile Zwischenstufen zum Kohlenstoff. Inzwischen hat der Stern seine Schichtung verändert und die äußere Hülle um das mehr als Hundertfache ausgedehnt. Aus einem Hauptreihenstern ist ein roter Riese geworden. Ist das Heliumbrennen erschöpft, schließen sich bei steigenden Temperaturen weitere Fusionsphasen an (s. Tabelle 3). Diese Phasen werden aber sukzessive kürzer, weil wegen abnehmender Ergiebigkeit der Reaktionen der Energiegewinn immer kleiner wird. Der Grund dafür liegt darin, daß die Bindungsenergie der Kerne immer langsamer zunimmt und schließlich bei ${}^{56}\text{Fe}$ ein Maximum erreicht. Wenn der Eisen-Nickel-Kern im Zentrum des Sterns eine Masse von 1,5 Sonnenmassen erreicht hat, was bei Sternen mit mehr als 10 Sonnenmassen passiert, kann der Stern die Abstrahlung nicht mehr aus Kernprozessen decken (s. Fig. 3). Er kontrahiert weiter, dabei steigt die Temperatur auf ca. $5 \cdot 10^9$ Grad an. Bei dieser Temperatur setzen Prozesse ein, welche bei Einfang eines Photons die Kerne wieder abbauen und die Zahl der Teilchen vermehren, ohne aber den Druck erhöhen zu können. Schließlich werden die Protonen in Neutronen verwandelt (s. Tab. 3: inverser β -Zerfall) und der Gravitations-

kollaps wird erst durch den Druck des entarteten Neutronengases gestoppt. Die Implosion führt nun zu einer nach außen laufenden Druck- und Temperaturwelle, die weitere Kernprozesse in den äußeren Schalen zündet und innerhalb wenigen Sekunden in einer gewaltigen Supernovaexplosion die Hülle nach außen schleudert (s. Fig. 4 u. 5). Der Energieausstoß ist dabei so gewaltig, daß die Supernova für einige Tage die Helligkeit einer Galaxie annimmt. Übrig bleibt ein Neutronenstern mit der Masse von etwa 1,3 Sonnenmassen und einem Radius von etwa 11 km, während die übrige Masse des Sterns sich rasch als Gas- und Staubwolke in den interstellaren Raum ausdehnt. In ihr sind neben Wasserstoff und Helium eine Reihe von schweren Elementen enthalten, die bei der hohen Neutronendichte etwas außerhalb des Neutronensternes durch Neutroneneinfang bei Temperaturen von 10^{10} Kelvin und Dichten von 10^9 g/cm³ rasch entstehen. Solche in sogenannten r-Prozessen (rapid processes) gebildete neutronenreichen Kerne verwandeln sich durch Emission von Elektronen in instabile Isotope der Massenzahlen $A > 70$ (s. Fig. 6). Aus den etwas weiter außen liegenden Hüllen stammen Kerne der Eisen-Gruppe und schließlich leichtere Elemente. Die masseärmeren Sterne mit Massen kleiner als 10 Sonnenmassen nehmen ein weniger dramatisches Ende. Ein Stern von einigen Sonnenmassen durchläuft mehrere instabile Phasen, während er sich im Roten-Riesen-Stadium befindet. Insbesondere kann das Einsetzen des Sauerstoffbrennens (untere Gl. 3 in Tab. 3) einen explosiven Verlauf nehmen und zum Abwerfen von äußeren Hüllen mit jeweils 10 bis 20% der Sternmasse führen (s. Fig. 7). In mehreren Phasen wird so der Stern einen großen Teil seiner Masse los und endet als weißer Zwerg, einer Kugel von der Größe der Erde, aber mit einer Dichte von etwa 100 000 g/cm³. Die abgeworfenen Gashüllen enthalten neben Wasserstoff und Helium überwiegend leichte Elemente und Spuren von schweren Elementen.

Es stellt sich die Frage, ob die explosive Nukleosynthese während einer Supernovaexplosion die einzige Möglichkeit zur Gewinnung schwerer Elemente ist. Sicher nicht, denn auch während des stationären Schalenbrennens in einem roten Riesen werden Neutronen frei, die von vorhandenen Kernen eingefangen werden können. Allerdings ist die Neutronendichte nur etwa 10^5 Teilchen pro cm³ und die typische Lebensdauer eines schweren Kerns gegenüber Neutroneneinfang beträgt etwa 10 000 Jahre. Diese Zeit ist kurz gegenüber der Dauer der roten Riesenphase, so daß auch durch diese s-Prozesse (slow processes) schwere Elemente aufgebaut werden (s. Fig. 6). Die Berücksichtigung aller Prozesse gibt unter Benutzung der in den letzten 20 Jahren entwickelten Sternmodelle recht gut die Häufigkeitsverteilung der meisten Kerne wieder (s. Fig. 8). Insbesondere erklären sich die Maxima der Häufigkeitskurven bei den magischen Neutronenzahlen einfach aus den geringen Einfangquerschnitten dieser Kerne, welche sie relativ stabil gegenüber Neutroneneinfang machen. Eine Ausnahme bilden die seltenen leichten Elemente wie Be, B und ⁶Li, die durch kosmische Höhenstrahlen aus den Trümmern von C-, N- und O-Kernen entstehen.

Wenn die hier skizzierten Sterneneentwicklungen durch mehrere Stern- generationen laufen, erwartet man eine allmähliche Anreicherung schwerer Elemente, gegenüber dem Anfangsvorrat aus Wasserstoff und Helium, der nach dem Urknall gebildet wurde (s. Fig.). Staub und Gas reichern sich in der Ebene der Milchstraße insbesondere in den Spiralarmen an (s. Fig. 10). Dort sollten sich Sterne mit einer größeren Häufigkeit von schweren Elementen gebildet haben. Tatsächlich hat schon W. Baade 1952 2 Sternpopulationen nach ihrer Farbe und Helligkeit unterscheiden können: Die Population I der galaktischen Scheibe und die Population II aus dem Halo der Milchstraße. In den Sternen der Population I finden sich schwere Elemente 10- bis 100mal häufiger als in den Sternen der Halo-Population.

3. Entstehung einfacher Moleküle

Die chemische Evolution beginnt mit der Bildung des einfachsten Moleküls H_2 , dem molekularen Wasserstoff, in interstellaren Wolken. Während 95% der kosmischen Masse in Sternen enthalten ist, entfallen 5% auf die interstellare Materie, einem Gemisch aus Gas und feinstem Staub, die in Form von unregelmäßigen Wolken in der galaktischen Scheibe angeordnet ist (s. Fig. 11). Für die Moleküleentstehung sind nur die dichten Wolken von Belang, die für unsere Begriffe immer noch ein unvorstellbar gutes Vakuum darstellen. Dabei haben die transparenten Wolken eine Teilchendichte, die kleiner als 10 000 Atome pro cm^3 ist. Bei den lichtabsorbierenden Wolken liegt die Dichte zwischen 10 000 und 10 Millionen Teilchen pro cm^3 . Molekularer Wasserstoff ist schwierig und meist nur indirekt nachzuweisen, aber man ist ziemlich sicher, daß er an der Oberfläche der Staubteilchen entsteht, diese aber nur mit wenigen Lagen bedecken kann. Ein anderes, sehr häufiges Molekül ist das Kohlenmonoxid, CO. Da Sauerstoff und Kohlenstoff etwa mit gleichen Häufigkeiten vorkommen, kann man davon ausgehen, daß Sauerstoff im wesentlichen in Form von CO vorliegt. Ein anderer Teil ist als H_2O oder OH gebunden. Diese Moleküle, wie auch Metalloxide TiO, ZrO und LaO bilden sich bereits in den ausgedehnten Atmosphären roter Riesen und können in ihren Spektren leicht nachgewiesen werden.

Seit etwa 10 Jahren sind in dichten interstellaren Wolken eine ganze Reihe von 3- und mehratomigen Molekülen, die aus den Atomen H, C, O, N und S aufgebaut sind, durch ihre Radiofrequenzstrahlung gefunden worden (Tab. 4). Geht man von der kosmischen Häufigkeit der betreffenden Atome aus (s. Tab. 5), so findet man, daß ein erheblicher Teil dieser Atome in Molekülform vorliegen muß. Dieses Ergebnis war zunächst sehr überraschend, zeigte es doch, daß trotz der extrem niedrigen Temperaturen zwischen 3 und 100 Kelvin und den niedrigen Dichten sich chemische Reaktionen abspielen können. Da man auch ionisierte Moleküle fand, erscheint es heute als sicher, daß die Reaktionen jeweils einen ionisierten Partner benötigen wie etwa He^+ oder H_2^+ . Davon ausgehend kann man in Syntheseschritten über bekannte Reaktionen die komplexeren Mole-

küle aufbauen. Es bleibt noch zu klären, wie die positiven Ionen gebildet werden. Ultraviolettes Licht heißer Sterne kann optisch transparente Wolken ionisieren, während es dichte Wolken, die besonders molekülreich sind, nicht durchdringt. Es bleiben deshalb nur schnelle Teilchen aus dem Sternenwind und der kosmischen Höhenstrahlung für die primäre Ionisation übrig.

Interstellares Gas und Staub sind der Stoff, aus welchem unser Sonnensystem entstanden ist. Interstellarer Staub ist uns nur durch seine optischen Eigenschaften zugänglich. Man kennt eine ganze Reihe charakteristischer Infrarotemissionen, z. B. die Bande des Eis bei $3,1 \mu\text{m}$, Silikatemissionen bei $10 \mu\text{m}$ und eine dem Graphit zugeordnete Ultraviolet-Absorption bei 220 nm . Direkten Zugang zu Staub und Staubkondensaten haben wir nur im Sonnensystem, das aus einer kollabierten interstellaren Wolke entstanden ist. Aus optischen Untersuchungen kann man schließen, daß die Größe der interplanetaren Teilchen im allgemeinen größer ist als die des interstellaren Staubs. Man hat erfolgreich versucht, Mikrometeorite in der Stratosphäre der Erde zu sammeln und sie elektronenmikroskopisch und analytisch zu untersuchen (s. Fig. 12). Die Körnchen sind aus kleineren, etwa 5 bis 50 nm großen Partikeln aufgebaut und enthalten außer Kohlenstoff die Elemente Mg, Fe, Si, S, Ca und Ni in der für das Sonnensystem üblichen Häufigkeitsverteilung. Einschlüsse von nickelhaltigem Eisensulfid und eisenarmen Silikaten, wie Olivin und Pyroxin, wurden gefunden. Es ist interessant, daß auch in den kohlenstoffhaltigen Steinmeteoriten (Chondrite) Bereiche mit einer ähnlich feinkörnigen Struktur gefunden wurden. Die Meteorite kondensierten aus interstellaren Staubkörnern, die wahrscheinlich die frühen Phasen der Entstehung des Sonnensystems überlebten. Die leichterflüchtigen Teile auf der Oberfläche sind dabei sicher verdampft. Dagegen bilden die Kometen Agglomerate von leicht- und schwerflüchtigen Teilen, die man sich als schmutzige Schneebatzen vorstellen kann und in welchen noch Materie aus der frühesten Entstehungsphase des Sonnensystems überlebt hat.

Es gibt heute Modellrechnungen, welche die Entstehung der Planeten aus kleineren festen Körpern, den Planetesimalen wahrscheinlich machen. Die Urerde wird zunächst eine primäre Atmosphäre besessen haben, die vor allem H, He und Edelgase neben CO, N₂, H₂O enthielt. Die leichteren Bestandteile sind aber bald in den Raum diffundiert, einmal wegen zu schwacher Gravitation der Erde, aber auch wegen der wahrscheinlich einige 100 bis 1000 Grad Celsius messenden Temperatur der frühen Erdoberfläche. Nur die schwererflüchtigen Bestandteile blieben erhalten und wurden bald durch vulkanische Gaseruptionen ergänzt. Wir wissen leider nicht, welche Zusammensetzung diese Eruptionen hatten, dürfen aber sicher annehmen, daß die sekundäre Atmosphäre reduzierend war. Dafür gibt es auch Hinweise in ältesten Sedimenten. Nachdem Wasser kondensieren konnte und sich die Ozeane gebildet hatten, begann die chemische Evolution komplexer Verbindungen auf der Erdoberfläche. Man darf annehmen, daß elektronische Entladungen ein Energielieferant für Syntheseschritte organischer Verbindungen war. Seit S. L. Miller (1955) (Fig. 13)

zeigen konnte, daß man bei Simulationsexperimenten in einer Atmosphäre aus H_2 , CO , CH_4 , N_2 , NH_3 durch elektrische Entladungen organische Verbindungen einschließlich der häufigsten Aminosäuren herstellen kann, wurden diese Experimente in abgeänderter Form in großer Zahl wiederholt. Die Synthese organischer Verbindungen in einer Atmosphäre, die wir heute noch auf dem Jupiter und Saturn beobachten können, scheint keine Schwierigkeiten zu bereiten. Dennoch erscheint das Bild des frühen Ozeans als einer „Ursuppe“, in welchem diese Verbindungen in nennenswerten Konzentrationen vorlagen, als viel zu einfach. Einerseits gab es noch keinen Sauerstoff und damit kein Ozon, das in der heutigen Atmosphäre das ultraviolette Licht bis $\lambda = 400$ nm absorbiert. Die Sonnenstrahlung konnte deshalb die komplexeren Moleküle wieder abbauen. Auch der Ozean ließ das photochemisch aktive Licht bis zu 15 m tief eindringen, denn es fehlte der absorbierende Plankton. Man muß deshalb spezielle Bedingungen annehmen, die ein günstiges „Nichtgleichgewicht“ für die Synthesen komplizierter Moleküle und vor allem der Biopolymere schufen. Dabei denkt man z. B. an isolierte Meeresarme, deren Wasser eindampfte, auch an vulkanische Riffe, die genügend Schutz vor der Sonnenstrahlung boten.

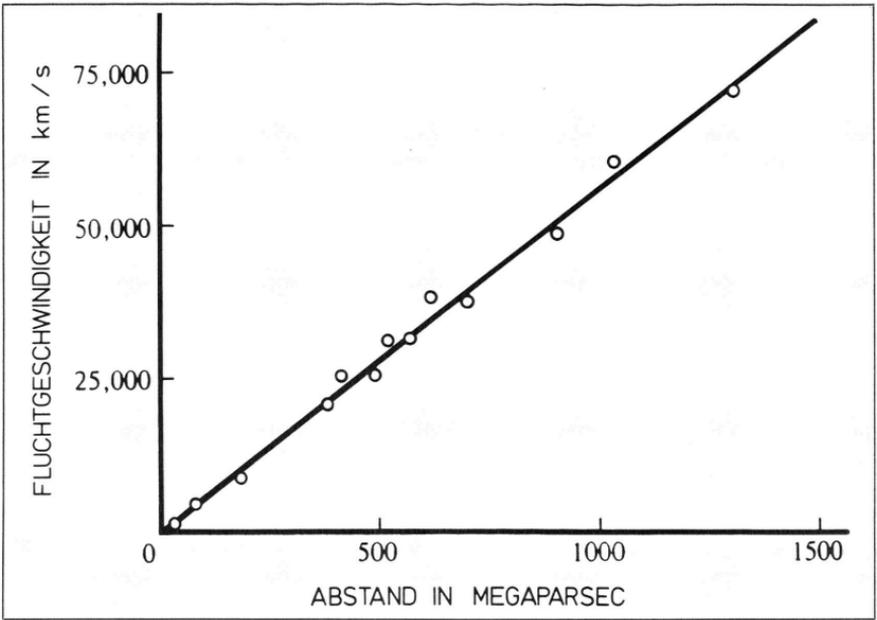
Wir überspringen hier das schwierige Problem der Entstehung des Lebens und kommen noch einmal auf die Atmosphäre zurück. Hier fehlte zunächst noch das Sauerstoffmolekül O_2 . Wegen der Reaktivität von O_2 ist es ziemlich ausgeschlossen, daß es vor der Entstehung des Lebens, außer in Spuren, schon vorhanden war. Vielmehr konnte freier Sauerstoff erst durch photosynthetisierende Zellen aus der Spaltung von Wasser unter Benutzung von Sonnenlicht gebildet werden. Spuren solcher Organismen, die etwa unseren heutigen Blaualgen (Cyanobakterien) entsprechen, lassen sich bereits in ältesten Sedimenten, die vor 3,5 Milliarden Jahren gebildet wurden, nachweisen. Wir müssen annehmen, daß diesen schon relativ komplizierten Organismen mit komplexer Biochemie einfachere Lebewesen vorausgegangen sind, die ihre Energie aus dem Abbau komplexerer chemischer Verbindungen bezogen. Man nennt sie die Gärer. Erfand die Evolution die Photosynthese, weil die abbaubaren chemischen Verbindungen ausgingen? Löste so die Photosynthese damit vielleicht das erste Energieproblem? Oder entstand die Photosynthese praktisch gleichzeitig mit der Gärung? Wir wissen es nicht, aber wir dürfen hoffen, daß mit neuen Methoden die Entwicklung frühester Formen des Lebens und damit die Entstehung unserer Atmosphäre aufgeklärt werden kann.

4. Schlußbetrachtung

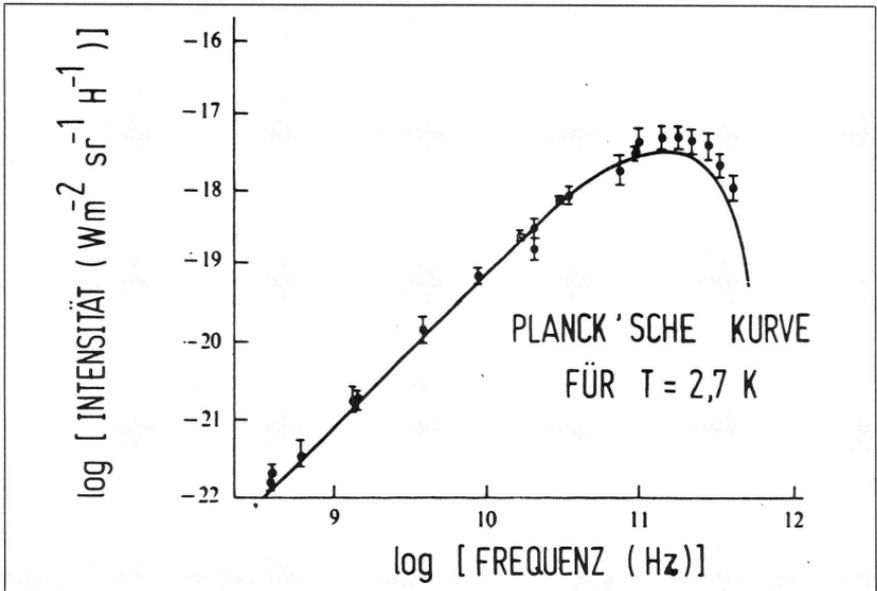
Wir sind am Ende unserer Entstehungsgeschichte der Elemente und der einfachen chemischen Verbindungen angekommen und wollen nun die wesentlichen Merkmale der kosmischen Evolution noch einmal herausstellen (s. Fig. 9). Nach einer heißen Anfangsphase des Kosmos, in welcher im wesentlichen Wasserstoff und Helium gebildet wurde, sinkt die Temperatur des Urplasmas bei weiterer Expansion rasch ab. Dabei ent-

koppelte die Strahlung von der Materie. Beide befinden sich nicht mehr in einem thermischen Gleichgewicht. Strahlung und Materie „kühlten“ unterschiedlich schnell ab und verteilten sich im expandierenden Raum. Es bildeten sich Sterne und Galaxien. Im Inneren der Sterne werden über lange Zeiten hohe Temperaturen und hohe Dichten aufrecht erhalten, die zur Synthese schwerer Elemente notwendig sind. Die Sterne sind offene Systeme, die ihre Energie aus Kernprozessen im Inneren beziehen und die Energie in den Raum abstrahlen. Bei ihrem explosiven Ende wird Materie mit schweren Elementen ausgeschleudert. Diese Materie reichert allmählich die interstellaren Gas- und Staubmassen in der Ebene der Galaxien mit schweren Elementen an. Im interstellaren Gas werden unter dem Einfluß ionisierender Teilchen einfache mehratomige Moleküle gebildet und wahrscheinlich auf der Oberfläche von Staubkörnern stabilisiert. Andere Moleküle wie OH, CO und Metalloxide entstehen schon in den Atmosphären roter Riesen und gelangen beim Abwerfen von Hüllen in das interstellare Medium. Aus diesem interstellaren Gas und Staub haben sich auch die Sonne und die Planeten gebildet. In den frühen Phasen der Erdatmosphäre wurden wieder komplexere organische Moleküle aufgebaut. Für die präbiotische chemische Evolution auf der Erde sind bestimmte Nichtgleichgewichtsbedingungen wichtig, um die Reaktionsprodukte zu schützen.

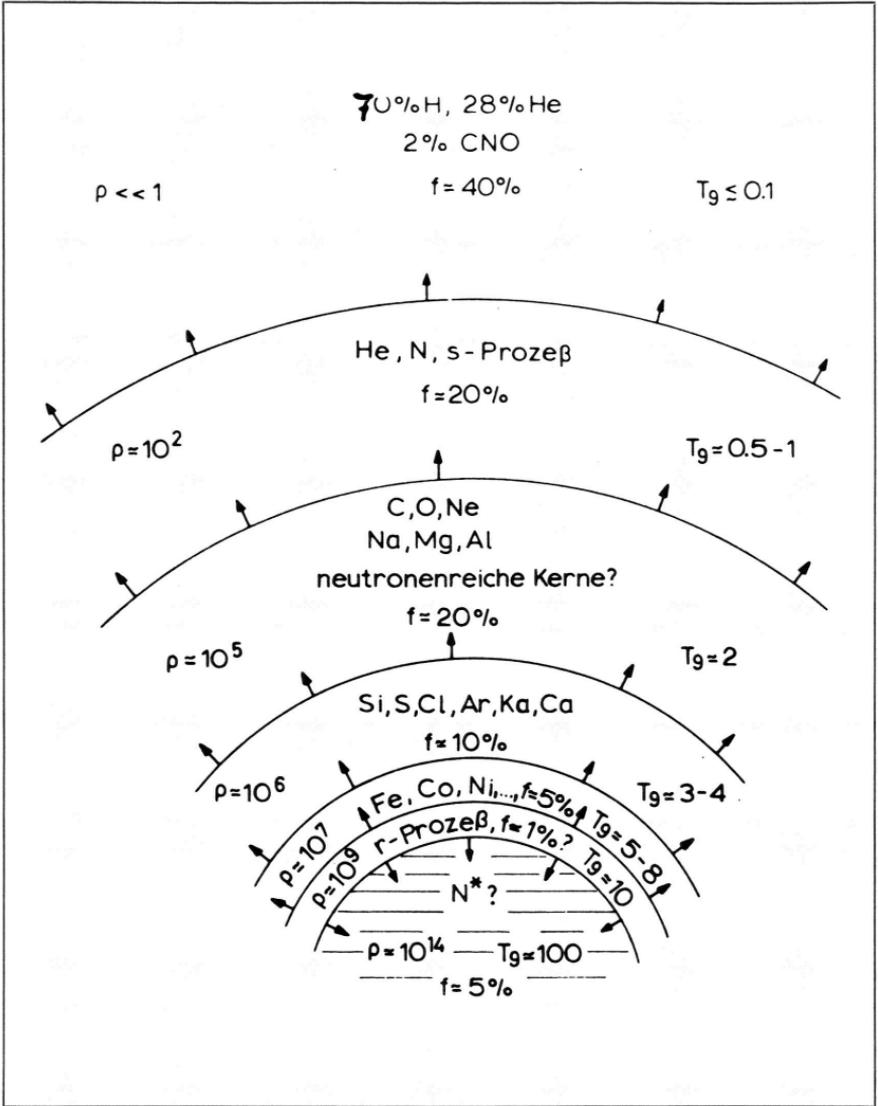
Offene Systeme sind demnach eine Grundvoraussetzung für Evolution von komplexen Strukturen. Der Kosmos selbst ist, solange er expandiert, ein offenes System. Replikation im Sinne der Biologie kennt der unbelebte Kosmos nicht. Elemente und Moleküle bilden sich unter geeigneten Bedingungen, ihre Baupläne ergeben sich aus physikalischen Gesetzen. Das gleiche gilt für Kristalle. Das lebende System dagegen benötigt zur Replikation genaue und wiederholbare Information, die in der DNA, dem genetischen Material, codiert aufgezeichnet ist. Information, Mutation und Selektion kommen nur lebenden Systemen zu. Damit haben lebende Systeme aber eine neue Dimension entwickelt, die sich nicht aus den physikalischen Gesetzen allein ableiten läßt. Die physikalisch-chemische Basis des Lebens verhält sich zur Information in komplexen lebenden Systemen wie hard-ware zu soft-ware in der Datenverarbeitung. Mit der Mikroelektronik allein kann man keinen Computer betreiben. Die Information, die in speziellen Sprachen eingegeben und verarbeitet wird, bildet eine komplexe Welt für sich, die auch ohne die hard-ware des Computers eine eigene Realität besitzt. Mir scheint, daß etwas ähnliches für lebende Systeme bis hin zu komplexen sozialen Systemen zutrifft. Ihre neue Eigengesetzlichkeit verdanken sie den ihnen eigenen Informationsstrukturen. Sie werden durch die physikalischen Gesetze ermöglicht, aber sind aus diesen nicht ableitbar.



Figur 1:
Gemessene Fluchtgeschwindigkeiten von Galaxien, aufgetragen gegen ihren Abstand von uns. (1 Megaparsec = 1 000 000 parsec. 1 parsec = 3.26 Lichtjahre).



Figur 2:
Intensität der kosmischen Hintergrundstrahlung als Funktion der Frequenz in doppelt-logarithmischem Maßstab.



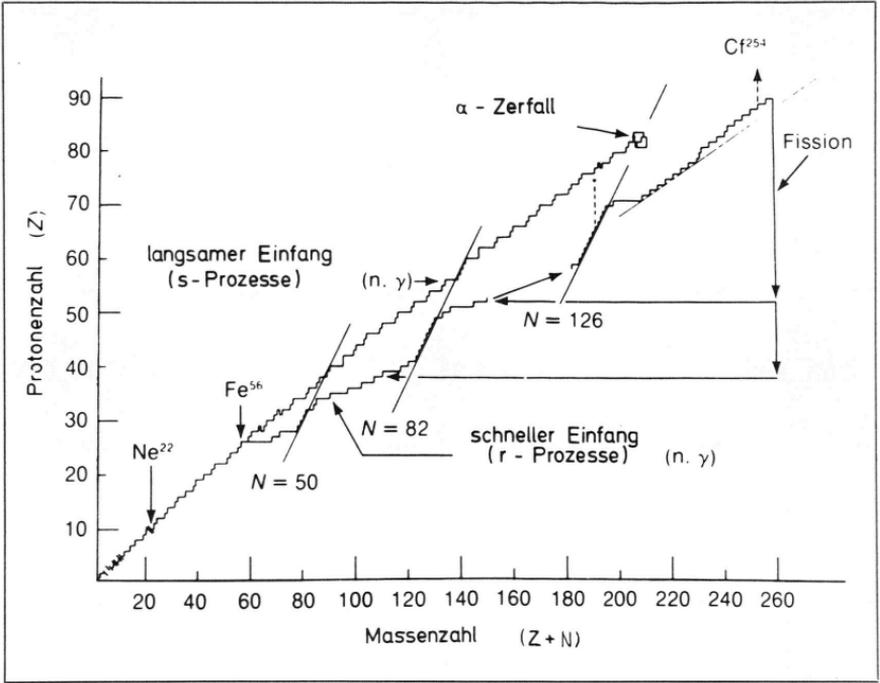
Figur 3:
 Schichtung eines massereichen Sterns (mit 15 bis 25 Sonnenmassen) im Augenblick einer Supernovaexplosion. Die Temperaturen (T_g) sind in Milliarden Grad angegeben, die Dichten (ρ) als Vielfache der Dichte des Wassers. f bezeichnet den Anteil der einzelnen Schalen an der Gesamtmasse in Prozent. Die zunehmend schweren Elemente haben sich in den tieferen Schichten durch Fusion gebildet. Den Kern des Sterns bildet eine Neutronenkugel. In den benachbarten Schichten spielen sich während der Explosion Neutroneneinfangprozesse ab (r -Prozesse), bei welchen schwere Elemente gebildet werden (Massenzahl > 56). Die Zeichnung ist nicht maßstäblich. (Aus W. Hillebrandt, Physikalische Blätter 35, S. 65 (1979))



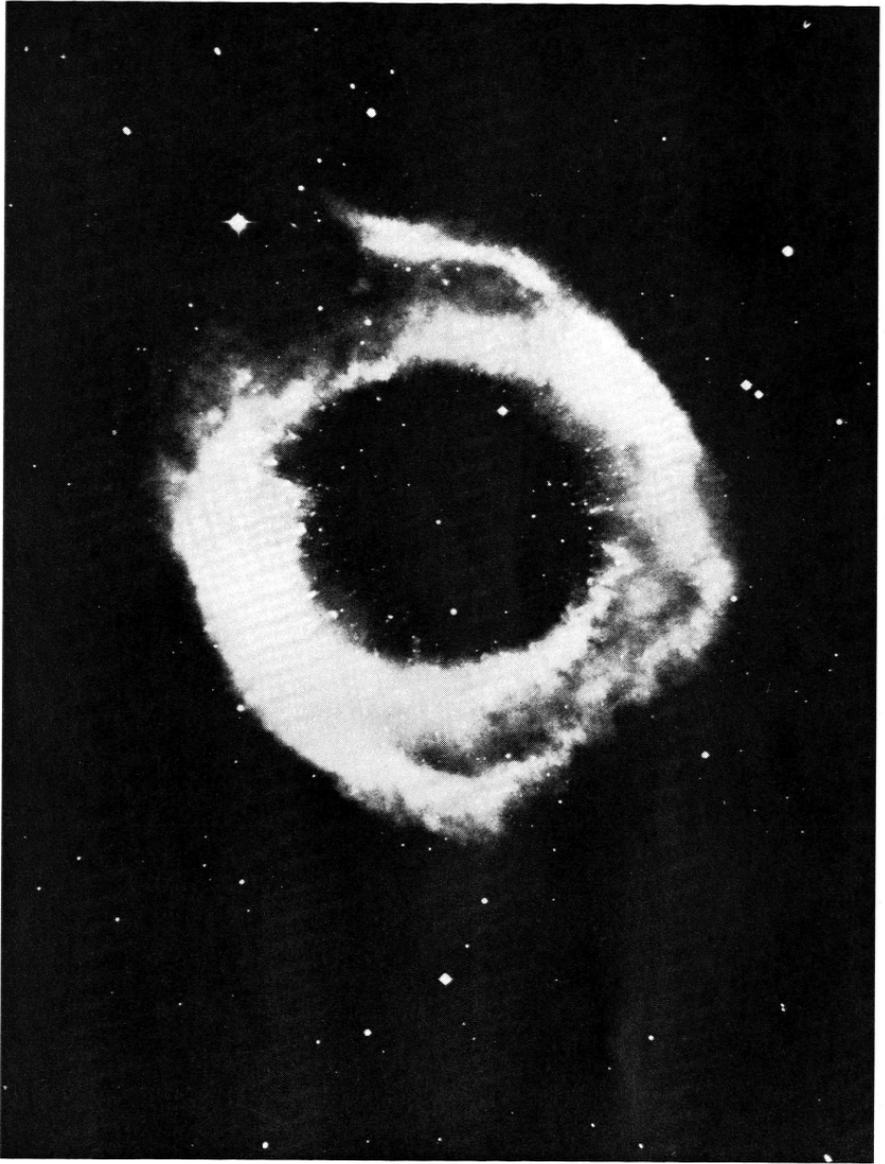
Figur 4:
Crab-Nebel im Sternbild Stier. Überrest einer Supernova, die 1054 n. Chr. ausbrach. Im Zentrum befindet sich ein Neutronenstern, der als „Pulsar“ sehr eingehend untersucht wurde.



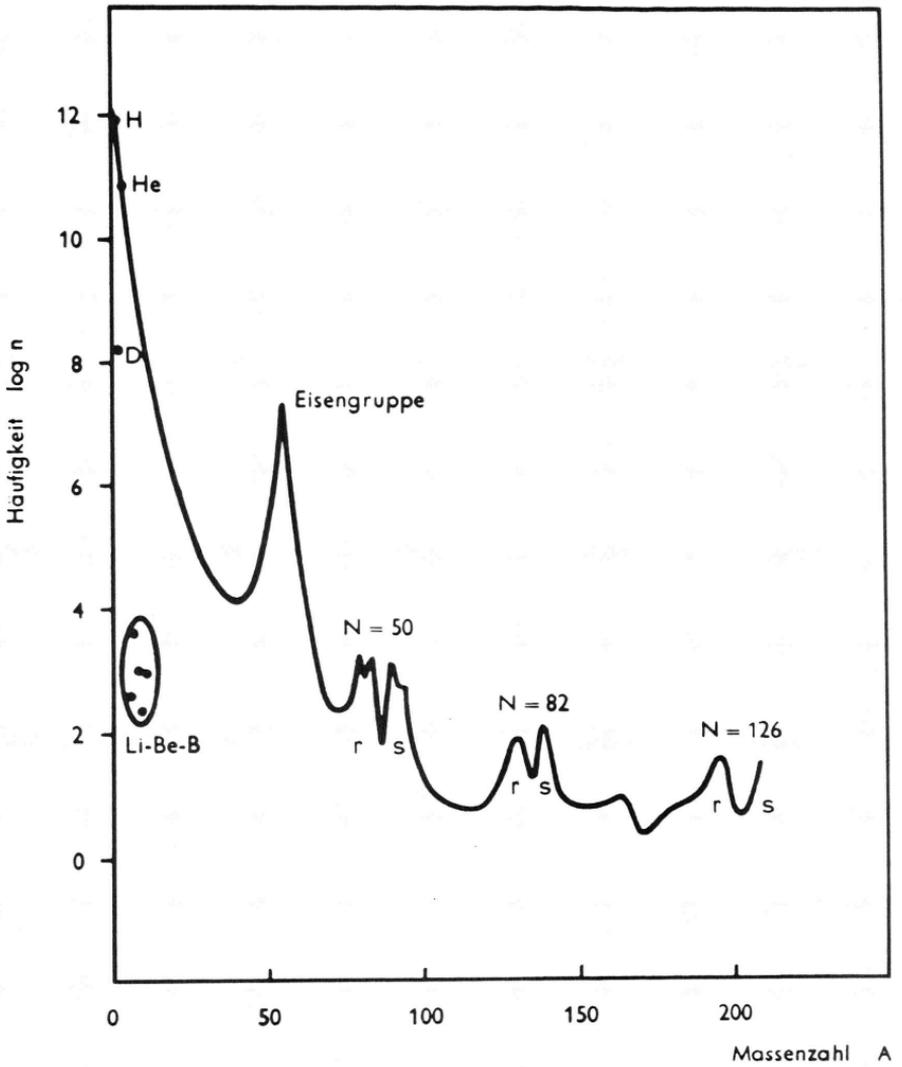
Figur 5:
Cirrus-Nebel im Sternbild Schwan. Ein etwa 300 000 Jahre alter Überrest eines Supernovaausbruchs.



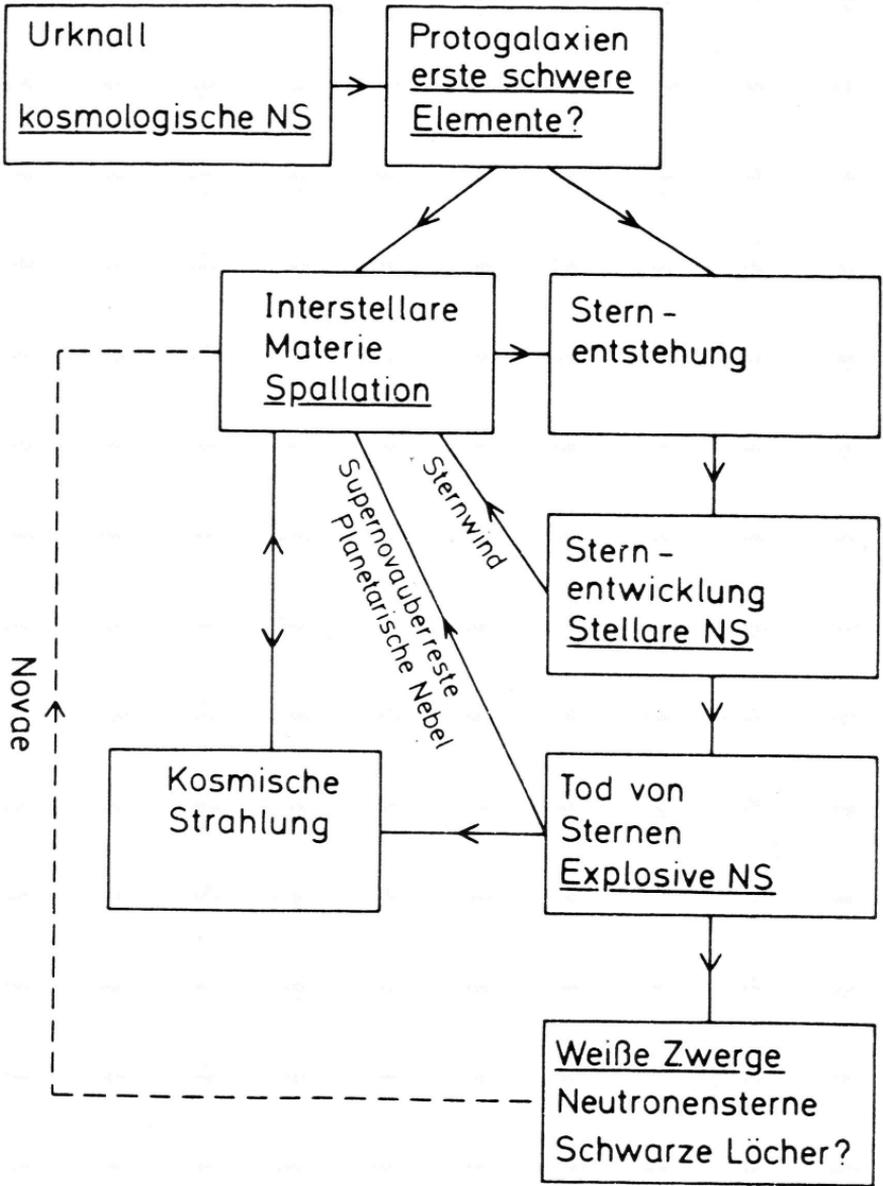
Figur 6:
 Nukleosynthese durch Neutroneneinfang. Aufgetragen ist die Protonenzahl (Z) gegen die Massenzahl ($Z+N$), wobei N die Neutronenzahl ist. Bei einem Neutroneneinfang rückt der Kern im Diagramm um eine Einheit nach rechts. Wird dabei ein instabiler Kern gebildet, so wird bald in einem β -Prozeß ein Elektron emittiert. Der Kern rückt um eine Einheit nach oben. Der obere Syntheseweg gehört zu den langsamen S-Prozessen, der untere zu den schnellen r-Prozessen. (Aus F. Hoyle, *Astronomy and Cosmology*, San Francisco 1975).



Figur 7:
Ringnebel im Sternbild Wassermann. Was als Ring erscheint, ist die Aufsicht auf
eine abgeworfene Sternhülle.



Figur 8:
 Kosmische Häufigkeit der Elemente in logarithmischer Auftragung gegen die Massenzahl. Die Spitzen entsprechen besonders stabilen Nukleonenkonfigurationen mit minimaler Fähigkeit zum Neutroneneinfang.



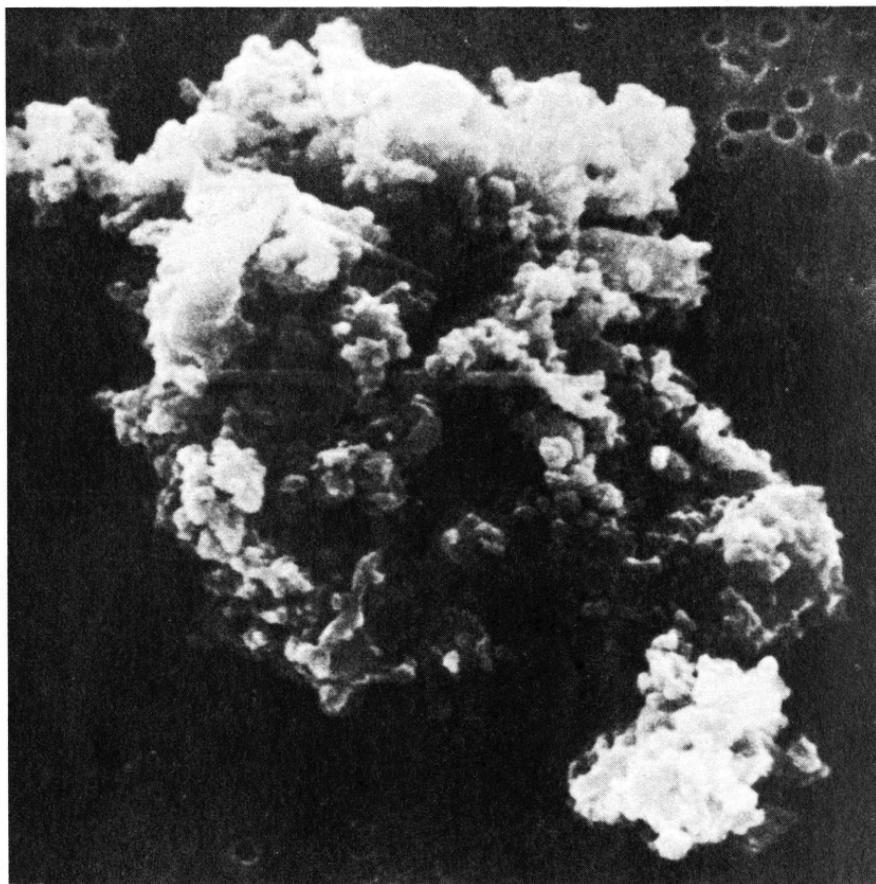
Figur 9:
 Flußdiagramm der kosmischen Nucleosynthese (NS). Außer der Sternentwicklung und dem explosiven Ende von Sternen kommen auch in geringem Umfang Kernspaltungen im interstellaren Gas durch schnelle Teilchen (kosmische Höhenstrahlung) infrage. Durch diese Spallation genannten Prozesse werden insbesondere die seltenen leichten Elemente wie Li, Be, B gebildet. (Aus W. Hillebrandt, Physikalische Blätter 35, S. 65 (1979))



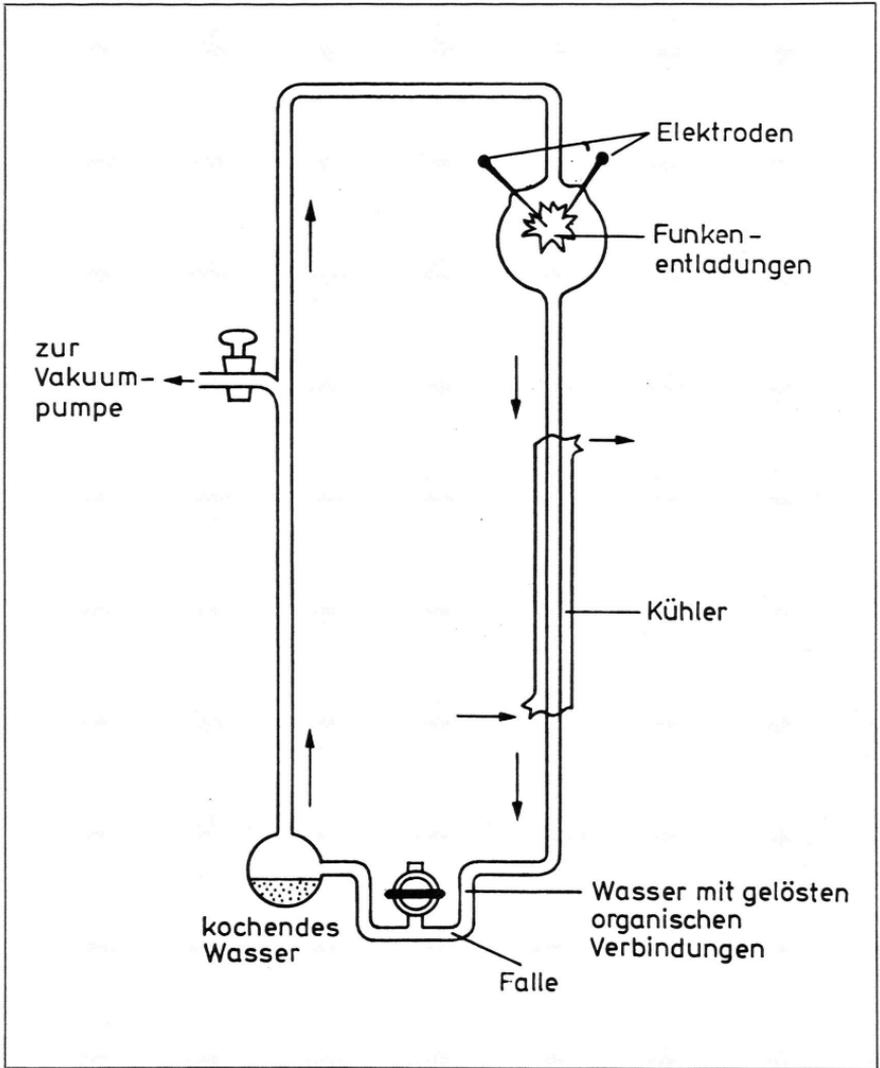
Figur 10:
Die Galaxie NGC 4565 im Sternbild Coma Berenice. Die Hauptebene ist nur etwa 4° gegen die Sichtlinie geneigt. Dadurch ist die Absorption durch interstellaren Staub in der Ebene der Spirale gut zu sehen.



Figur 11:
Ausschnitt aus dem Rosetta-Nebel. Die dunklen Spuren und kleinen Dunkelwolken sind Verdichtungen, die durch ihren Staubgehalt das Sternlicht absorbieren. Sie sind eingeschlossen von heißem Gas und Orte zukünftiger Sternentstehung.



Figur 12:
Rastermikroskopische Aufnahme eines Mikrometeoriten. Die chemische Zusammensetzung entspricht der von kohlenstoffhaltigen Chondriten (Meteorite). Der Mikrometeorit wurde in 20 km Höhe durch eine U-2 der NASA aufgesammelt. (Aus G. Martin, Cosmic Dust, Oxford 1978).



Figur 13:

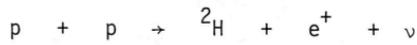
Apparat, der in einer reduzierenden Atmosphäre (H_2 , CO , CN_4 , N_2 und NH_3) organische Verbindungen synthetisiert. Er wurde zuerst von S. L. Miller (1955) benutzt. (Aus K. Dose u. H. Rauchfuß, *Chemische Evolution lebender Systeme*, Stuttgart 1975).

| Temperatur | Zeit nach Urknall | Prozesse |
|---------------------------|-------------------|--|
| $10 \cdot 10^9 \text{ K}$ | 1,2 sek. | $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ $e^+ + n \rightarrow p + \bar{\nu}$ |
| $3 \cdot 10^9$ | 13,8 sek. | $e^+ + e^- \rightarrow 2\gamma$ $\frac{n}{p} = \frac{17}{83}$ |
| 10^9 | 100 sek. | $n + p \rightarrow {}^2\text{H}$ $2\text{H} + 2\text{H} \rightarrow 4\text{He}$ $2\text{H} + p \rightarrow 3\text{He}$ $3\text{He} + n \rightarrow 4\text{He}$ <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> $\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Elementsynthese} \\ \text{nach } t = 35 \text{ min} \\ \text{beendet:} \\ \frac{m_{\text{He}}}{m_{\text{H}}} = \frac{28}{72} \end{array}$ </div> |
| 3500 K | 700 000 Jahre | $e^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}^0$ $2e^- + \text{He}^{++} \rightarrow \text{He}^0$ |

Tabelle 1:
 Scenarios aus der heißen Phase des Kosmos. Die Zahlenangaben entsprechen dem kosmologischen Standardmodell und sind entnommen aus S. Weinberg: Die ersten drei Minuten. (München 1977).

Fusionsreaktionen des Wasserstoffbrennens

1) pp-Reaktion



2) CNO-Zyklus

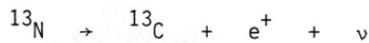


Tabelle 2:

Die Kernreaktionen des Wasserstoffbrennens. Der Stern befindet sich im Stadium eines sogenannten „Hauptreihensterns“. Das Zeichen γ bedeutet ein Photon, ν ein Neutrino.

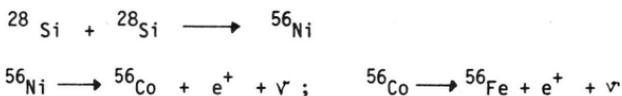
Fusionsreaktionen des Heliumbrennens bei 100 bis 200 Mill. Grad

- 1) ${}^4\text{He} + {}^4\text{He} \rightleftharpoons {}^8\text{Be}$
- 2) ${}^8\text{Be} + {}^4\text{He} \rightleftharpoons {}^{12}\text{C}^* \rightarrow {}^{12}\text{C} + \gamma$
- 3) ${}^{12}\text{C} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{16}\text{O} + \gamma$
- 4) ${}^{14}\text{N} + {}^4\text{He} \rightarrow {}^{18}\text{F} \rightarrow {}^{18}\text{O} + e^+ + \nu$

Fusionsreaktionen des Kohlenstoff- und Sauerstoffbrennens ab 500 Mill. Grad

- 1) ${}^{12}\text{C} + {}^{12}\text{C} \rightarrow \begin{cases} {}^{20}\text{Ne} + {}^4\text{He} \\ {}^{23}\text{Na} + p \\ {}^{24}\text{Mg} + \gamma \\ {}^{23}\text{Mg} + n \end{cases}$
- 2) ${}^4\text{He} + {}^{20}\text{Ne} \rightarrow {}^{24}\text{Mg} \text{ und } p + {}^{23}\text{Na} + {}^{24}\text{Mg}$
- 3) ${}^{16}\text{O} + {}^{16}\text{O} \rightarrow \begin{cases} {}^{28}\text{Si} + {}^4\text{He} \\ {}^{24}\text{Mg} + 2 {}^4\text{He} \\ {}^{23}\text{S} + \gamma \\ {}^{31}\text{S} + n \\ {}^{31}\text{P} + p \end{cases}$

Fusionsreaktionen des Siliziumbrennens ab etwa 4 Milliarden Grad



Inverser β -Zerfall bei etwa 10 Milliarden Grad



Tabelle 3:

Die Kernreaktionen, die nach dem Ende des zentralen Wasserstoffbrennens einsetzen. Der Stern befindet sich jetzt im Stadium eines Roten Riesen.

| Anorganisch | | | Organisch | |
|-------------------------------|---------------------|----------|-----------------------------------|---------------------|
| H ₂ | Wasserstoff | 2-atomig | CH | Methylidin |
| OH | Hydroxyl | | CH ⁺ | Methylidinium |
| SiO | Siliziummonoxid | | CN | Cyanogen |
| SiS | Siliziummonosulfid | | CS | Carbon-Monosulfid |
| NS | Stickstoffsulfid | | | |
| SO | Schwefelmonoxid | | | |
| H ₂ O | Wasser | 3-atomig | CCH | Aethinyl |
| N ₂ H ⁺ | | | HCN | Cyanwasserstoff |
| H ₂ S | Schwefelwasserstoff | | HNC | Isocyan-Wasserstoff |
| SO ₂ | Schwefeldioxid | | HCO ⁺ | Formylion |
| | | | OCS | Carbonyl Sulfide |
| NH ₃ | Ammoniak | | H ₂ CO | Formaldehyd |
| | | | HNCO | Isocyansäure |
| | | | H ₂ CS | Thioformaldehyde |
| | | 5-atomig | H ₂ CNH | Methanimin |
| | | | H ₂ NCN | Cyanamid |
| | | | HCOOH | Ameisensäure |
| | | | HC ₃ N | Cyanoacetylen |
| | | 6-atomig | CH ₃ OH | Methanol |
| | | | CH ₃ CN | Methylnitril |
| | | | HCONH ₂ | Formamid |
| | | 7-atomig | CH ₃ NH ₂ | Methylamin |
| | | | CH ₃ C ₂ H | Methylacetylen |
| | | | HCOCH ₃ | Acetaldehyd |
| | | | H ₂ CCHCN | Vinyl Cyanid |
| | | 8-atomig | HCOOCH ₃ | Methylformiat |
| | | 9-atomig | (CH ₃) ₂ O | Dimethyläther |
| | | | C ₂ H ₅ OH | Äthanol |

Tabelle 4:

Die Tabelle enthält einen großen Teil der chemischen Verbindungen, die im interstellaren Gas durch ihre charakteristische Radiofrequenzstrahlung bestimmt wurden.

| Ordnungs- zahl | Ele- ment | bezogen auf Si (Gramm-Atom/ Gramm-Atom) | | bezogen auf Si bzw. C (Gramm-Atom/ Gramm-Atom) | bezogen auf C (Gramm-Atom/ Gramm-Atom) | |
|-------------------|--------------|---|---------------------|---|--|---------------------|
| | | Universum | Erdoberfläche | Sonnen- atmosphäre | Universum | Erdoberfläche |
| 1 | H | $4 \cdot 10^4$ | $1,4 \cdot 10^{-1}$ | $5,1 \cdot 10^4$ | $1,1 \cdot 10^4$ | 5,2 |
| 2 | He | $3,1 \cdot 10^3$ | $7,5 \cdot 10^{-8}$ | $1 \cdot 10^4$ | $9 \cdot 10^2$ | $2,8 \cdot 10^{-3}$ |
| 6 | C | 3,5 | $2,7 \cdot 10^{-3}$ | 1 | 1 | 1 |
| 7 | N | 6,6 | $3,3 \cdot 10^{-4}$ | 2,1 | 1,9 | $1,2 \cdot 10^{-1}$ |
| 8 | O | 2,2 | 2,9 | $2,8 \cdot 10^2$ | 6,3 | $1,1 \cdot 10^3$ |
| 14 | Si | 1 | 1 | 1 | $2,9 \cdot 10^{-1}$ | $3,7 \cdot 10^2$ |
| 15 | P | $1 \cdot 10^{-2}$ | $3,8 \cdot 10^{-3}$ | — | $2,8 \cdot 10^{-3}$ | 1,4 |
| 16 | S | $3,8 \cdot 10^{-1}$ | $1,6 \cdot 10^{-3}$ | $4,3 \cdot 10^{-1}$ | $1,1 \cdot 10^{-1}$ | $6,0 \cdot 10^{-1}$ |

Quelle: Die Zahlenwerte wurden aufgrund der Daten von Mason (1954) und Suess und Urey (1956) errechnet

Tabelle 5:
Liste der häufigsten Elemente.

ÜBER DIE ROLLE DES ZUFALLS IN EVOLUTIONSMODELLEN

„Der reine Zufall, die absolute, blinde Freiheit als Grundlage des wunderbaren Gebäudes der Evolution – diese zentrale Erkenntnis der modernen Biologie ist heute nicht mehr nur eine unter anderen möglichen oder wenigstens denkbaren Hypothesen; sie ist die *einzig* vorstellbare, da sie allein sich mit den Beobachtungs- und Erfahrungsatsachen deckt“¹.

Stimmt das, was J. L. Monod hier verkündet?

Aber zunächst einmal: Was bedeutet überhaupt „Zufall“? Und was mag das wohl gar sein, was Monod als den „reinen Zufall“ bezeichnet?

Die Antwort auf diese Fragen ist gewiß nicht ohne Bedeutung; denn Monod folgert aus seinem Weltbild einer vom „reinen Zufall“ angetriebenen Evolution: „Das Universum trug weder das Leben, noch trug die Biosphäre den Menschen in sich. Unsere ‚Losnummer‘ kam beim Glücksspiel heraus. Ist es da verwunderlich, daß wir unser Dasein als sonderbar empfinden – wie jemand, der im Glücksspiel eine Milliarde gewonnen hat?“ (a. a. O., S. 179).

Wollen wir nun aus der Sicht der *Wahrscheinlichkeitstheorie* die Rolle studieren, die der Zufall in den Prototypen von Evolutionsmodellen spielt, und dabei auch einige Aspekte der *Spieltheorie* berücksichtigen, die von M. Eigen als „Schlüssel“ für den weiteren Ausbau der Evolutionstheorie betrachtet wird. Das Resultat dieser Überlegungen formulieren wir am Ende der Arbeit in vier *Thesen* aus der Sicht der *Wahrscheinlichkeitstheorie* und in vier *spieltheoretischen Aspekten*.

1. Evolution und Zufall.

Evolutionsmodelle und ihre Vorläufer, nämlich mehr oder weniger phantasievolle, gelegentlich auch recht naive Spekulationen darüber, wie ein evolutionärer Prozeß abgelaufen sein könnte, stützen sich auf zwei Komponenten:

- 1) Die Vorstellung, daß in der *historischen Abfolge* des Zustandes der Erdoberfläche und der sie bewohnenden Populationen eine *aufsteigende* Entwicklung aus einer einfachen Grundstruktur zu immer höheren Formationen stattfand, und
- 2) die Idee, daß diese Aufwärtsentwicklung *ausschließlich* dem Zusammenwirken von zwei *Mechanismen* zu verdanken ist, nämlich
 - a) der *Vererbung* mit der identischen Reproduktion als Regelfall und Mutationen als zufällig auftretende Ausnahmen und
 - b) der *Selektion* der „bestangepaßten“ Artgenossen.

Wesentliche Unterschiede zwischen den naturgeschichtlichen Vorstellungen beziehen sich auf den Startpunkt und auf das Ziel des evolutionär ver-

standenen Prozesses: *Darwin's Theorie* setzt erst *nach der Entstehung des Lebens* ein und wendet das Prinzip des „survival of the fittest“ auf eine Weiterentwicklung des Menschen wohl *nicht* mit letzter Konsequenz an. *Heute* wird der Startpunkt der Evolution meist in eine „*Ursuppe*“ oder gar in den Augenblick des „*Urknalles*“ verlegt und häufig auch der Mensch als Objekt und Werkzeug einer evolutionären Weiterentwicklung verstanden. Die heute diskutierten Evolutionsmodelle unterscheiden sich aber auch noch hinsichtlich der *Orientierung* des evolutionären Prozesses: Die Vorstellung (von M. Eigen, C. F. von Weizsäcker u. a.), daß dieser Prozeß auf ein *vorgegebenes Ziel* ausgerichtet sei, das „im Prinzip *unausweichlich*“ erreicht wird, konkurriert mit der Auffassung (von J. L. Monod u. a.), daß die Resultate dieses Prozesses gar nicht zu erwarten gewesen seien, daß insbesondere der Mensch als eines dieser Resultate als „*Zigeuner am Rande des Universums*“ zu betrachten sei².

In beiden *Mechanismen*, die für die Aufwärtsentwicklung des Prozesses verantwortlich gemacht werden, bei der Vererbung und bei der Selektion, bildet der *Zufall* den Motor. Was hat es mit diesem Motor „Zufall“ auf sich?

2. Was bedeutet „Zufall“?

Häufig wird der Zufall als Inbegriff dessen, was man nicht versteht (oder nicht verstehen könne), definiert. Die Evolution wird dann zu einem Prozeß, dessen Motor etwas ist, was man nicht versteht oder nicht verstehen kann. Es ist merkwürdig, daß offenbar gerade diese mystische Komponente eine so auffallende Faszination ausstrahlt.

Für J. L. Monod und andere ist Zufall „etwas, wofür keine Ursache, kein Zusammenhang, keine Gesetzmäßigkeit *erkennbar*“ ist“ oder – verschärft – „etwas, wofür keine Ursache usw. *existiert*“. Was bedeutet dies nun konkret? – Offenbar sind hier bereits zwei grundverschiedene Interpretationen des Zufalles zu unterscheiden:

1. *Interpretation*: Zufall ist etwas, wofür eine Ursache, ein Zusammenhang oder eine Gesetzmäßigkeit (im deterministischen Sinn) zwar nicht erkennbar, wohl aber existent ist.
2. *Interpretation*: Zufall ist etwas, wofür eine Ursache, ein Zusammenhang und eine Gesetzmäßigkeit nicht existieren.

Im *ersten* Fall handelt es sich um einen rein *subjektiven* (oder multi-subjektiven) Zufallsbegriff, dem kein Zufallsgeschehen im *objektiven* Sinn entspricht. Objektiv liegt hier vielmehr ein *determiniertes* Geschehen vor, d. h. ein Ablauf, bei dem durch den Zustand an einem beliebig herausgegriffenen Zeitpunkt t_0 die gesamte künftige Entwicklung eindeutig bestimmt – und damit vorherbestimmt – ist, so wie es etwa der klassischen Mechanik entspricht. In diesem Fall wäre also insbesondere von Anfang an festgelegt, an welchem Tag und an welchem Ort die erste lebende Zelle sich durch geeignete Anlagerung von passenden unbelebten chemischen Substanzen gebildet hat, wann und wo die entscheidenden Schritte auf dem Weg vom Primaten zum Menschen erfolgt sind, usw. Jeder Mutations-

sprung und jeder Selektionsprozeß wären vorherbestimmt, wengleich diese für die Natur verbindliche Gesetzmäßigkeit uns (noch) nicht erkennbar ist.

Bei der 2. Interpretation, die nicht nur eine Ursache, sondern auch eine Gesetzmäßigkeit des Zufalles ausschließt, erfolgen beispielsweise die Mutationssprünge in *freier Willkür*. Der Zufall ist dann mit einem willkürlich agierenden Kobold oder Dämon vergleichbar, die Evolution somit das Werk einer oder mehrerer Kräfte, die – *keinem Gesetz unterworfen* – aus freien Stücken wirken. Ein evolutionistisches Weltbild mit *dieser* Interpretation des Zufalls legt die Frage nahe, ob es nicht angemessen sei, die für den Zufall verantwortlichen *autonomen* Kräfte, diese Dämonen, auf den freigemachten Thron Gottes zu setzen.

Wir wollen im folgenden unter „Zufall“ das verstehen, was man in der Wahrscheinlichkeitstheorie, in der Statistik, in der Theorie der stochastischen Prozesse usw. unter Zufall versteht.

3. „Zufall“ in der Wahrscheinlichkeitstheorie.

Von „Zufall“ spricht man dort stets nur im Hinblick auf eine *zukünftige Realisierung* eines „Zufallsexperimentes“. Dabei ist ein Zufallsexperiment E gekennzeichnet durch die *materielle Versuchsanordnung* in einem bestimmten Ausgangszustand, der bei einer (entsprechend der *Versuchsvorschrift* in Gang gesetzten) Realisierung des Experimentes in einen Folgezustand aus einer (durch Versuchsanordnung und Versuchsvorschrift bestimmten) Menge M_E von möglichen „Ergebnissen“ übergeht.

Standardbeispiele eines Zufallsexperimentes sind:

- 1) Eine Versuchsanordnung mit einem radioaktiven Präparat neben einem Zählrohr; festzustellen ist die Anzahl der innerhalb 60 Sekunden registrierten Teilchen (mögliche „Ergebnisse“ sind hier: 0, 1, 2, . . .).
- 2) Eine Urne mit n gut gemischten Kugeln verschiedener Farbe, k Kugeln werden blind gezogen; festzustellen ist, ob mindestens 1 (oder 2) rote Kugeln unter den gezogenen sind (mögliche „Ergebnisse“ sind hier: „ja“ und „nein“).

Weiter können die Wartezeit vor einem Schalter, der „Erfolg“ beim Flug einer Raumkapsel zum Merkur usw. als Ergebnisse von Zufallsexperimenten betrachtet werden.

Es gab Versuche, die Begriffe „Zufall“ und „objektive Wahrscheinlichkeit“ *explizit* zu definieren. Am bekanntesten ist der Versuch von R. v. Mises um 1930, mit Hilfe eines Regellosigkeitskriteriums die Wahrscheinlichkeit als Limes der entsprechenden relativen Häufigkeiten in Beobachtungsreihen zu definieren. Alle diese Versuche sind gescheitert. (Das ist verständlich, wenn man bedenkt, daß explizite Definitionen nur dort möglich sind, wo ein neuer Begriff *rekursiv* auf bereits definierte Begriffe zurückgeführt werden kann.)

Die „objektive Wahrscheinlichkeit“ eines zufälligen „Ereignisses“, d. h. einer („meßbaren“) *Teilmenge* von M_E , wird deshalb heute *axiomatisch* eingeführt. Zum Vorbild nimmt man sich dabei die axiomatische Einführung

der Temperatur oder der Masse in der theoretischen Physik: Dort geht man aus von der Beobachtung, daß es *qualitative* physikalische Eigenschaften gibt, die sich durch den Komparativ „wärmer als“ bzw. „schwerer als“ beschreiben lassen. Hier nun greift man die Erfahrungstatsache auf, daß bestimmte Ereignisse „*wahrscheinlicher*“ sind als andere. Von da an läuft alles ganz analog wie bei der Einführung von Temperatur und Masse: Man macht die Grundannahme, daß zu je zwei Ereignissen (zu beliebigen Experimenten) objektiv feststeht, welches von den beiden „wahrscheinlicher“ ist bzw. ob sie gleich-wahrscheinlich sind, wobei die Anordnung nach dem Komparativ „wahrscheinlicher als“ linear (also nicht etwa zyklisch) ist³. Diese lineare Ordnung läßt sich durch eine reelle Funktion auf dem System aller Ereignisse reproduzieren. Unter allen Transformationen dieser Funktion, die ebenfalls die Ordnung reproduzieren⁴, wählt man dann diejenige aus, die einen Maßstab p liefert, der durch drei zweckmäßige Normierungsbedingungen⁵ bestimmt ist. Jedem Ereignis K , das bei Realisierung eines Experiments E auftreten kann, ist dadurch eine wohldefinierte Zahl $p(K|E)$ zwischen 0 und 1 zugeordnet. Diese Zahl $p(K|E)$ bezeichnet die (objektive) Wahrscheinlichkeit dafür, daß bei einer *künftigen* Realisierung des Zufallsexperiments E das Ereignis K eintreten, d. h. ein Ergebnis x aus der Menge K beobachtet werden wird.

Den numerischen Wert der Wahrscheinlichkeit $p(K|E)$ kann man allerdings nicht *direkt* messen. Man muß sich darauf beschränken, ihn zu *schätzen* und Hypothesen über ihn zu *testen*. Die Mathematische *Statistik* ist mit der Aufgabe befaßt, Parameter-Schätzverfahren und Testmethoden zu entwickeln, die unter allen für dasselbe statistische Problem in Betracht kommenden *statistischen Entscheidungsverfahren* in einem angemessenen Sinne „optimal“ sind.

4. Wie könnte ein „blinder“ Zufall objektiv interpretiert werden?

J. L. Monod und andere legen bei der Darstellung und Erläuterung der Evolutionstheorie besonderen Wert darauf, daß ein „blinder“ Zufall oder ein „reiner“ Zufall am Werke sei, daß beispielsweise die Tatsache, daß es Menschen gibt, „reiner“ Zufall sei⁶. In objektivem Sinn könnte ein „blinder“ oder „reiner“ Zufall nur so interpretiert werden, daß unter den jeweils in Betracht kommenden Folgezuständen keiner a priori ausgezeichnet ist, daß also jeder überhaupt mögliche Folgezustand *dieselbe* objektive Wahrscheinlichkeit besitzt.

Auch hier gerät man sofort in Schwierigkeiten, und zwar bereits bei einem Versuch, die Vorstellung von einer Gleich-Wahrscheinlichkeit bei dem doch offenbar relativ einfachen Phänomen „Mutationssprung“ zu konkretisieren.

Haben „Sprung“ und „kein Sprung“ je die Wahrscheinlichkeit $1/2$?

Gilt dies für jedes einzelne der hundert Millionen Nukleotide innerhalb eines Chromosoms – oder „nur“ für jedes Einzelgen – oder gar „nur“ für jedes einzelne Chromosom?

Statistische Erhebungen ergaben, daß die relative Häufigkeit *spontaner Mutationen* von Einzelgenen (mit ihren beobachtbaren Auswirkungen) weit unter $1/2$ liegt (nämlich zwischen $5 \cdot 10^{-7}$ und 10^{-5}). Zudem hängt die Häufigkeit der Mutation ganz wesentlich von der Intensität der natürlichen und künstlichen Strahlung ab, der die Gene ausgesetzt sind. Ein „blinder“ Zufall kann also nicht einmal im Bereich der Mutationen auf ein Gleichverteilungskonzept zurückgeführt werden.

Bei allen anderen vom Zufall gesteuerten Einzelschritten der Evolution, insbesondere bei den mit der *Selektion* in Verbindung stehenden, läßt sich ebenso wenig erkennen, daß eine Menge gleichwahrscheinlicher Folgezustände in natürlicher Weise vorgegeben ist. Die Situation hier ist noch ganz erheblich schwieriger als in der Physik beim Versuch, die Verteilung von Elementarteilchen – ausgehend von einer Gleichverteilungsannahme – mit Hilfe der *Kombinatorik* zu bestimmen: Je nachdem, wie die Menge der „möglichen“ Zustände definiert wird, erhält man so unterschiedliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen wie die Maxwell-Boltzmann-, die Bose-Einstein- und die Fermi-Dirac-„Statistik“.

5. Die Evolution als stochastischer Prozeß.

Anstatt von einem „blinden“ oder „reinen“ Zufall zu sprechen, wird man also wie M. Eigen, C. F. von Weizsäcker und andere die Evolution als einen Prozeß zu betrachten haben, deren Übergänge mit speziellen Wahrscheinlichkeiten erfolgen, die als eine eigenständige Materie-Eigenschaft speziellen Reaktionssystemen inhärent sind. Einen solchen Prozeß nennt man einen *stochastischen Prozeß*. Er ist *Wahrscheinlichkeitsgesetzen* unterworfen, die einen Teil der allgemeinen Naturgesetze darstellen, mit diesen vorgegeben sind, wenngleich sie quantitativ weniger genau bekannt sind als diese.

Solange die allgemeinen Gesetze der Physik und Chemie als *zeitlich konstant* zu betrachten sind, sind es auch die Übergangswahrscheinlichkeiten. Der stochastische Prozeß „Evolution“ ist also insoweit „übergangstationär“ oder kurz „stationär“. In solchen Prozessen gelten sogenannte „0-1-Gesetze“, wonach die Wahrscheinlichkeit, daß bestimmte Ereignisse in *unbeschränkter* Zukunft (d. h. für Zeit $t \rightarrow \infty$) mindestens einmal auftreten, nur 0 oder 1 sein kann. Für einen *endlichen* Zeitabschnitt gilt dies aber nicht: Falls nicht das System der Übergangswahrscheinlichkeiten sehr *spezielle* Eigenschaften besitzt, wird mit hoher Wahrscheinlichkeit für fast jeden Zeitpunkt t ein gestaltloses Chaos zu erwarten sein – ganz im Sinn eines *Entropie-Wachstums*, wie es für abgeschlossene thermodynamische Prozesse gilt.

Nach M. Eigen, C. F. von Weizsäcker u. a. tritt ein derartiges Entropie-Wachstum im Bereich der Evolution – zumindest lokal – *nicht* ein. Vielmehr gibt es Äußerungen, die darauf hindeuten, daß man an die Gültigkeit einer Art von 0-1-Gesetzen glaubt: M. Eigen schreibt in „Selforganization of matter and the evolution of biological macro-molecules“ (Die Naturwissenschaften 58, Heft 10, S. 465 – 523; hier S. 521):

„Der Optimierungsvorgang der Evolution ist [somit] im Prinzip unausweichlich, hinsichtlich der Auswahl der individuellen Route jedoch nicht determiniert.“

Und C. F. von Weizsäcker spricht von „Plateaus“, die mit Wahrscheinlichkeit 1 erreicht werden und auf denen bestimmte Arten praktisch konstant bleiben, bis durch *Änderung der Umwelt* eine „Krise“ eintritt, in der sich in einer ausgezeichneten Richtung mutierte Artgenossen besser behaupten können als die identisch reproduzierten und damit den ersten Schritt des ganzen Systems im *Aufstieg* zum nächsten Plateau vollziehen. (Ohne ein derartiges Plateau könnte man übrigens gar nicht von einer „Art“ sprechen.)

Nach M. Eigen und anderen hat die Evolution insgesamt eine *vorgegebene Richtung*: eine Umkehr, ein Abstieg auf ein Plateau „geringeren“ Niveaus ist ausgeschlossen, der Prozeß ist *irreversibel* (Eigen, S. 520). Auch insoweit ist nach M. Eigen „der resultierende Vorgang der Evolution zwangsläufig – also Gesetz“ (Eigen, S. 521). Mit der Irreversibilität wird dem Evolutionsprozeß eine Eigenschaft zugeschrieben, die von der Tendenz her mit dem Prinzip des Entropie-Wachstums korrespondiert, das aber im Bereich der Evolution gerade *nicht* gelten soll.

Die dem Evolutionsprozeß zugeschriebene *Vorzugsrichtung* im Sinne eines „Aufstieges“ wird bei M. Eigen durch eine Qualitätsfunktion („*selection value*“) bestimmt, die als Zielfunktion eines *Optimierungsprozesses* wirkt.

6. Skizze eines Modells für den stochastischen Prozeß „Evolution“.

Studieren wir nun die Bedingungen, die an einen stochastischen Prozeß zu stellen sind, der den kunstvoll verflochtenen Vorstellungen von einem *unausweichlichen* und *irreversiblen* Aufstieg im Sinne der Evolution entspricht und dessen Übergangswahrscheinlichkeiten zeitlich konstante, speziellen Reaktionssystemen inhärente Materie-Eigenschaften sind:

Mit $\mathfrak{z}(t)$ wollen wir den *Gesamtzustand* der Erdoberfläche einschließlich der räumlichen Verteilung aller sie belebenden Populationen zum Zeitpunkt t bezeichnen, mit $Q(\mathfrak{z}'|\mathfrak{z})$ den Wert der *Qualitätsfunktion* für den (potentiellen) Folgezustand \mathfrak{z}' in Abhängigkeit vom jeweils realisierten Gesamtzustand \mathfrak{z} .

Als Startpunkt t_0 wählen wir den Zeitpunkt, an dem zum erstenmal sich an irgendeiner Stelle der Erdoberfläche die „*Ursuppe*“ gebildet hat, d. h. eine Versammlung *passender* chemischer Bausteine im *richtigen* Mischungsverhältnis unter *geeigneten* Umweltbedingungen.

Die *Übergangswahrscheinlichkeiten* sollen dann gewährleisten,

- daß in der *Ursuppe* (räumliche) Begegnungen passender Bausteine eher Bestand haben als andere (daß also eine Art „Klebrigkeit“ der passenden Paare chemischer Bausteine bewirkt wird),

- daß bei den möglichen *Mutationen* eine Chance zur „Verbesserung“ der Erbanlagen (im Sinn einer Vergrößerung des selection value Q) besteht,
- daß weiter eine *identische Reproduktion* begünstigt wird, die eine relative Konstanz der Arten bewirkt,
- daß schließlich eine *Selektion* erfolgt entsprechend einer *Optimierung* mit $Q(\int | \int)$ als Zielfunktion.

Im Modellansatz von M. Eigen sind die entsprechenden Übergangswahrscheinlichkeiten für die *Mutationen* begründet durch indeterministische Vorgänge in den Proteinen und in den Nukleinsäuren, die gemeinsam die für einen „Aufstieg“ erforderlichen Mutationen entstehen lassen und konservieren. Die Zufälligkeit dieser Vorgänge kann auf den im mikrophysikalischen Bereich herrschenden Indeterminismus, auf den Effekt der Höhenstrahlung usw. zurückgeführt werden. Der Zufall bei *Mutationen* läßt sich also aus bereits weitgehend erforschten physikalischen Phänomenen ableiten.

Wesentlich schwieriger ist es, die *Entstehung der ersten lebenden Zelle* in der Uruppe als Effekt eines stochastischen Prozesses zu verstehen:

Der lange Weg von der ungeordneten Mischung einfacher chemischer Elemente bis hin zur einfachsten Zelle als einem System von außerordentlich vielen in einer ganz speziellen Ordnung kunstvoll verbundenen Elementen wird ja nicht durch irgendwelche Selektionsmechanismen geebnet. Ohne kräftige Annahmen über die Vorgabe hoher Wahrscheinlichkeiten für die Stabilität räumlicher Nachbarschaften der beim sukzessiven Aufbau der Zelle jeweils benötigten chemischen Bausteine besitzt das Zufallsprodukt „lebende Zelle“ in der Uruppe eine zwar *positive*, aber *extrem kleine* Wahrscheinlichkeit⁷. Mit anderen Worten: Gelten in der Uruppe nur die bekannten, auch sonst gültigen physikalischen Gesetze der *unbelebten* Natur, so kann sich eine lebende Zelle, dieses Kunstwerk der Natur, sicherlich zufällig bilden, jedoch mit einer Wahrscheinlichkeit in der Größenordnung der Wahrscheinlichkeit dafür, daß sich die Atome und Moleküle irgendeines vermeintlich menschlichen Bauwerkes, z. B. eines Inka-Tempels, zufällig an ihrem heutigen Standort versammelt haben. Gerade eine – unter Zugrundelegung einer bestimmten Hypothese – extrem kleine Wahrscheinlichkeit als *Argument zur Stützung* eben dieser Hypothese heranzuziehen, wie es einige Propagandisten eines mystischen evolutionistischen Weltbildes tun, ist in den Naturwissenschaften generell recht unüblich.

Die Hypothese der zufälligen Entstehung von Leben in der Uruppe verdient somit Glaubwürdigkeit erst in Verbindung mit *zusätzlichen* Wahrscheinlichkeits-Gesetzen zugunsten der *Stabilität* bestimmter prae-biotischer Strukturen. Für die Entstehung von „lebensfähigen“ Strukturen als *Vorläufer einzelliger Mikroorganismen* sind nach M. Eigen (S. 521) besondere Bedingungen an den Selektionsmechanismus zu stellen, die weder von den Nukleinsäuren noch von den Proteinen allein erfüllt werden. Vielmehr resultiere aus einer „nichtlinearen“ Koppelung zwischen Nuk-

leinsäuren und Proteinen eine „Hierarchie von Reaktionszyklen“, die bereits wesentliche Merkmale eines „lebenden“ Systems aufweise und für eine weitere Evolution bis zur lebenden Zelle „offen“ sei. Wie dieser letzte Schritt zur Zelle konkret erfolgen könnte, läßt Eigen allerdings ebenfalls offen. Er empfiehlt statt dessen, die Frage nach der Möglichkeit, das Phänomen des Lebens durch unsere gegenwärtigen Konzepte der Physik zu erklären, nicht mit einem „simple yes“ zu beantworten, sondern umzudrehen: „It may be wiser to turn the question round and, whenever anybody claims that physics does not offer any explanation of life, to let him prove it, or better, to disprove the claim by giving just one counter-example“. Als „Gegenbeispiel“ hat er dabei J. von Neumanns gedankliche Konstruktion eines „selfreproducing automaton“ im Auge, über dessen Einstufung als „Lebewesen“ man natürlich streiten kann und von dessen Realisierung als Resultat eines *Zufallsexperiments* mir jedenfalls bisher nichts zu Ohren kam. Natürlich ist es denkbar, geeignete automatisierte Fertigungsanlagen zu bauen und so zu programmieren, daß sie mit Hilfe eines wohl ausgeklügelten Trial-and-Error-Verfahrens – und damit mit Hilfe des Zufalls – einen wie auch immer gearteten realen Automaten herstellen. Die Rolle des vom Konstrukteur der Anlage eingegebenen Programmes als Quelle *zusätzlicher* Strukturen zugunsten der Zielstrebigkeit des Prozesses sollte aber nicht ganz außer acht gelassen werden.

7. Zur Optimierung des selection value.

Offene Fragen, insbesondere auch begrifflicher Art, stellen sich im Zusammenhang mit einer Evolution, die den *selection value* als Zielfunktion optimiert: Handelt es sich bei dieser Optimierung um einen *Effekt* des stochastischen Prozesses oder liegt dem Optimierungsprozeß ein *zusätzlicher* Mechanismus *neben* den für die lokalen Indeterminismen verantwortlichen Reaktions-Systemen zugrunde?

Im ersten Fall müßten die Reaktions-Systeme, die das gesamte Mutations- und Selektionsgeschehen verursachen, so geartet sein, daß die Wahrscheinlichkeitsgesetze, nach denen sie ablaufen, das Ergebnis der Selektion des relativ höchstqualifizierten Systems mit Wahrscheinlichkeit 1 früher oder später eintreten lassen. Dann ist aber jeweils gerade dasjenige biologische System „the fittest“, das mit Wahrscheinlichkeit 1 überlebt. Und man muß – im Gegensatz zu M. Eigen (S. 521) – von einer *Tautologie* sprechen. Sinnvoller wäre es, in diesem ersten Fall darauf zu verzichten, von einem *Optimierungsprozeß* zu sprechen, und statt dessen die Resultate des evolutionären Prozesses darzustellen und anhand geeigneter Kriterien zu *bewerten*. Diese Kriterien müßten die Werturteile „aufwärts“, „höher entwickelt“ eigenständig – unabhängig vom Konzept der Evolution – definieren.

Wenn – im *zweiten* Fall – das Selektions-Prinzip des „survival of the fittest“ durch einen Steuermechanismus realisiert wird, der von *außen* zusätzlich auf den stochastischen Prozeß einwirkt, dann muß nach der *Herkunft* der Qualitätsfunktion gefragt werden, an der die Natur mißt, wer je-

weils „the fittest“ ist. Sind die Qualitätsfunktion und der auf sie abgestimmte Steuermechanismus physikalisch-chemisch ableitbar oder bilden beide doch ein *biologisches Spezifikum*, in welchem eine zusätzliche, von Physik und Chemie unabhängige Gesetzmäßigkeit zur Geltung kommt, eine Gesetzmäßigkeit, die beispielsweise die Entstehung des Auges über viele Zwischenstadien hinweg, die noch *keinen Überlebensvorteil* im Sinn der Selektion vermitteln, gewährleistete? M. Eigen schließt die zweite Möglichkeit, die Existenz eines biologischen Spezifikums, aus: Das „Wertkonzept, das den Optimierungsprozeß der Evolution beherrscht“, sei „physikalisch ableitbar“ (S. 520) und „das für die Evolution lebender Systeme charakteristische *Selektionsverhalten*“ trete „als eine speziellen Reaktionssystemen inhärente *Materie-Eigenschaft* in Erscheinung“ (S. 521). Dann muß dieser Steuer-Mechanismus äußerst kunstvoll in dem universellen physikalisch-chemischen, biologischen und meteorologischen Geschehen eingebettet sein, wohl abgestimmt auf die im stochastischen Prozeß beschriebenen Indeterminismen. Damit sind wir aber – von einem lediglich formalen Unterschied abgesehen – zum selben Ergebnis gelangt wie bei der ersten Alternative einer Antwort auf unsere Frage nach der Natur des Optimierungsprozesses, der die Selektion steuert:

Der Evolutions-Prozeß ist eingebettet in ein weltweites Gesamtgeschehen, das naturwissenschaftlichen Gesetzen teils deterministischer, teils stochastischer Natur unterworfen ist. Diese Gesetze sind gerade so geartet, daß u. a. laufend Selektionen so erfolgen, *als ob* sie durch ein Optimierungsprinzip gesteuert würden.

Als lokale Übergangs-Wahrscheinlichkeit in diesem *universellen* stochastischen Prozeß sind natürlich nicht nur die Mutations-Wahrscheinlichkeiten in Proteinen und Nukleinsäuren in die Betrachtung einzubeziehen, sondern auch die Wahrscheinlichkeiten aller sonstigen Indeterminismen im mikro-physikalischen Bereich.

Jedes Modell eines stochastischen Prozesses, das in sich *konsistent* ist, mit den Beobachtungen verträglich ist und zugleich die – tatsächlichen oder nur vermuteten – Phänomene einer Evolution von der Ursuppe bis zu den heute lebenden *biologischen* Arten widerspiegelt, muß ein *dichtes Geflecht* von äußerst kunstvoll aufeinander abgestimmten *Gesetzmäßigkeiten* aufgreifen, für das gelten könnte, was Kepler im Hinblick auf Galileis Fallgesetze meinte: „Die mathematischen Gesetze sind sichtbarer Ausdruck des göttlichen Willens“. Die Inkraftsetzung dieser Gesetze für eine „Evolution“, ihre Verbindlich-Machung für die Materie könnte als Schöpfungsakt interpretiert werden.

8. Der Mensch als Werkzeug der Evolution.

Die große Beachtung, die der Evolution vor allem auch aus ideologischen Motiven entgegengebracht wird, verdankt sie insbesondere der Hypothese, daß auch der Mensch als ein *Produkt* des allgemeinen evolutionären Ablaufes zu verstehen sei. Was ist der „selection value“ für den Menschen, und wie sieht der Mechanismus aus, der dafür sorgt, daß die Selektion un-

ter den Menschen gerade zur „Optimierung“ dieses „selection value“ führt? Bei M. Eigen finden sich Andeutungen, daß man von einer ernsthaften Beantwortung dieser Frage noch weit entfernt ist, daß er aber den Schlüssel für einen weiteren Ausbau der Evolutionstheorie in dieser Richtung zu kennen glaubt. Dieser Schlüssel sei die *Spieltheorie* von J. v. Neumann (Eigen, S. 518). Dabei ist bemerkenswert, daß er die Anwendung der Spieltheorie nun sogar auch auf dem *molekularen* Level für erfolgversprechend hält: Die Evolution auf diesem Level könnte als ein Spiel betrachtet werden, in welchem die Intelligenz des Spielers ersetzt wird durch einen „selective ‚instinct‘ for advantage among randomly occurring events“ (a. a. O.). Was dieser „selective instinct“ ist, bleibt dahingestellt. Immerhin wäre es unverständlich, daß man die Spieltheorie heranzieht, ohne dem Träger dieses „Instinktes“ eine Verhaltens-*Alternative* wenigstens im Ansatz zuzubilligen. Denn die Spieltheorie ist die Theorie der sog. *strategischen Spiele*, in denen – im Gegensatz zu den *Glücksspielen* – die Spieler eine *Entscheidungsfreiheit* besitzen, die durch die Menge der zugelassenen Strategien eröffnet – und zugleich begrenzt wird.

Die knappen Bemerkungen über den wünschenswerten Einsatz der Spieltheorie, auf die sich Eigen in seiner oben zitierten großen Arbeit 1971 in den „Naturwissenschaften“ beschränkt, werden im Buch „Das Spiel“ von M. Eigen und R. Winkler aus dem Jahr 1975 aufgegriffen und verbal breit entwickelt. Allerdings ist der weitaus größte Teil des Buches den (nicht-strategischen) Glücksspielen gewidmet, die eigentliche Spieltheorie wird nur auf wenigen Seiten (vor allem im Abschnitt 2.2.) behandelt. Und bedauerlicherweise ist gerade der Abschnitt über die Spieltheorie ziemlich mißglückt. Er enthält eine Reihe ernster Mißverständnisse und Fehlinterpretationen der Ansätze und der Resultate der Theorie der strategischen Spiele. Es findet sich ferner kein echter Hinweis darauf, wie die *individuelle Nutzenfunktion*, auf die sich der spieltheoretische Ansatz bezieht, mit dem *selection value* in Zusammenhang gebracht werden könnte. Diese Zurückhaltung der Autoren ist verständlich; denn sie hätten sich mit folgendem Dilemma auseinanderzusetzen:

Wäre – als Denkalternative A – der „*selection value*“ als Natur-Parameter *vorgegeben*, so wäre die individuelle „Nutzenfunktion“, und damit auch die Präferenz-Skala des Individuums, durch den Plan der Evolution bestimmt. Die Maßstäbe, an denen das Individuum sein Handeln orientiert, dienen also dem Ziel, daß „the fittest“ überlebt. Daraus würde eine *Rechtfertigung* aller Handlungen jedes Individuums resultieren, insbesondere auch der Aktionen eines Politikers, die zur Auslöschung einer Rasse führen. Wie könnte man dann den Argumenten eines Sozial-Darwinismus entgegentreten? Wie kann eine ausgerottete oder bis auf unbedeutende Reste dezimierte Rasse als „fit“, als relevant bei der „Optimierung“ des „*selection value*“ zu bewerten sein? Wenn die ethischen Maßstäbe und die wissenschaftlichen Hypothesen, die für die Entscheidungen etwa eines Genetikers maßgebend sind, entsprechend dieser Alternative A auf das Ziel der „Optimierung“ des „*selection value*“ ausgerichtet sind, dann läßt sich doch wohl kaum ein begründeter Einwand erheben, wenn dieser Ge-

netiker im Interesse einer „Selektion des besten Erbgutes“, wie Verhaltensforscher es sich zum Ziel gesetzt haben, eugenische Maßnahmen veranlassen sollte.

Wird die von M. Eigen postulierte Korrespondenz seines spieltheoretischen Ansatzes mit dem „selection value“ im Sinn der Alternative A interpretiert, so hat die tradierte Ethik des Abendlandes einer neuen, am Ziel des „survival of the fittest“ orientierten Ethik Platz zu machen. Zum selben Resultat kommt J. L. Monod auf direktem Weg: „Es ist schon richtig, daß die Wissenschaft“ – er meint seine spezielle Vorstellung von Evolution – „die Wertevorstellungen antastet. Nicht direkt zwar, denn sie gibt keine Urteile über sie ab und *soll* sie auch ignorieren; aber sie zerstört alle mythischen oder philosophischen Ontogenien, auf denen für die animistische Tradition – von den australischen Ureinwohnern bis zu den materialistischen Dialektikern – die Werte, die Moral, die Pflichten, Rechte und Verbote beruhen sollten. Wenn er diese Botschaft in ihrer vollen Bedeutung aufnimmt, dann muß der Mensch endlich aus seinem tausendjährigen Traum erwachen und seine totale Verlassenheit, seine radikale Fremdheit erkennen. Er weiß nun, daß er seinen Platz wie ein Zigeuner am Rande des Universums hat, das für seine Musik taub ist und gleichgültig gegen seine Hoffnungen, Leiden oder Verbrechen. Aber wer bestimmt denn, was ein Verbrechen ist? Wer benennt das Gute und das Böse? In allen überlieferten Systemen gingen die Ethik und die Wertvorstellungen über die Verstandeskraft des Menschen hinaus. Er war nicht Herr über die Werte: Sie waren ihm aufgezwungen, und er war ihnen unterworfen.“ (J. Monod, Zufall und Notwendigkeit, S. 210–211). Als diejenigen Charaktereigenschaften, die im Selektionsprozeß der Evolution für die Ausdehnung einer Rasse besonders förderlich waren, hebt Monod „Intelligenz, Phantasie, Zähigkeit und Ehrgeiz“ hervor. Der Selektionsdruck „mußte jedoch gleichfalls den Zusammenhalt der Horde und die Aggressivität der Gruppe nach außen in noch stärkerem Maße begünstigen als den Mut des einzelnen, die Achtung der Stammesgesetze mehr noch als die Initiative“ (a. a. O., S. 199).

Betrachten wir nun die Alternative B einer Interpretation des Zusammenhanges zwischen „selection value“ und individueller Nutzenfunktion: Sie besagt, daß die Optimierung des „selection value“ ein *Effekt des globalen Entscheidungsprozesses* ist, der durch die primär gegebenen individuellen „Nutzenfunktionen“ der einzelnen Individuen bestimmt (und durch die Spieltheorie beschrieben) wird. Hier stellt sich dann die Frage, inwiefern die Rede vom „survival of the fittest“ etwas anderes als eine Tautologie sein kann; denn an welchem anderen Maßstab als an der Tatsache des Überlebens könnte hier die Qualität „fit“ definiert und gemessen werden?

9. Der Mensch als Objekt der Evolution.

Eigens Idee, zur Beschreibung des Menschen als handelndes Individuum ein spieltheoretisches Modell heranzuziehen, ist sicherlich vernünftig und scheint der Realität gerecht zu werden. Eigen beschränkt sich dabei auf

die Rolle des Menschen als *Werkzeug* der Evolution – viel interessanter ist ein anderer Aspekt der mit einem Entscheidungs-Freiraum ausgestatteten Individuen im Rahmen der Evolution: ihre Rolle als *Objekt* der Evolution. Wie kann durch Mutation eines physikalischen Systems, das durch deterministische oder stochastische Gesetze bestimmt ist, ein System mit einem echten Entscheidungs-Spielraum entstehen?

Wenden wir uns wieder zunächst der Klärung der *Begriffe* zu:

- (1) Ist ein System *deterministischen* oder *stochastischen* Gesetzen unterworfen, dann folgt auf den Zustand \mathcal{z} des Systems im Zeitpunkt t_1 der Übergang zu einem unter mehreren möglichen *Folgezuständen* $\mathcal{z}_1, \mathcal{z}_2, \dots$ für den Zeitpunkt t_2 mit *objektiv* existierenden Übergangs-Wahrscheinlichkeiten p_1, p_2, \dots (wobei diese Wahrscheinlichkeiten $p_i = p_i(\mathcal{z}; t_1, t_2)$ vom Ausgangszustand \mathcal{z} und von den Zeitpunkten, zwischen denen der Übergang stattfindet, abhängen). Der deterministische Fall ist hierbei der Grenzfall, in dem die Wahrscheinlichkeiten p_i alle 0 sind bis auf ein i_0 mit $p_{i_0} = 1$.
- (2) Besitzt ein (als System betrachtetes) Individuum einen Entscheidungs-Freiraum Z , so kann jeder Zustand \mathcal{z}_i aus Z als Folgezustand *frei* gewählt werden. Dabei kann der ausgewählte Folgezustand \mathcal{z}_i seinerseits einem Gesetz des Typs (1) unterworfen sein.

Einige Beispiele mögen dies illustrieren:

- Ein Würfelspiel, bei dem jeder Spieler nur *eine* Figur führt, entspricht einem – nur – stochastischen Gesetzen unterworfenen System.
- Der Spielverlauf bei Mühle, Schach und Go wird vollständig bestimmt durch die Züge, die die Spieler im Rahmen des durch die Spielregeln vorgegebenen Entscheidungs-Freiraums wählen.
- Bei Kartenspielen wie Skat und Poker, sowie bei Würfelspielen mit mehr als einer Figur pro Spieler treffen ein durch Wahrscheinlichkeits-Gesetze bestimmter Zufall und die Entscheidungen der Spieler zusammen.

Zwischen zufälligen Ereignissen und innerhalb von Randbedingungen freien Entscheidungen besteht also offenkundig ein fundamentaler *qualitativer* Unterschied. Das Auftreten eines Individuums, das über einen Entscheidungs-Freiraum verfügt, innerhalb eines historischen Ablaufs kann *nicht* als Resultat einer *Mutation* physikalischer Systeme erklärt werden, die über *keinen* derartigen Freiraum verfügen. Damit steht man vor der Alternative,

- a) anzunehmen, daß auch die *primitivsten* Systeme bis hinab in den *molekularen* und *atomaren* Bereich einen Entscheidungs-Freiraum besitzen – mit der Konsequenz, daß große Teile der Physik umgeschrieben werden müßten – oder
- b) danach zu fragen, *wann, wo* und *wie* der *qualitative Sprung* vom physikalischen System *ohne* Entscheidungs-Freiraum zu einem Individuum *mit* einem solchen stattgefunden hat.

Trotz der oben zitierten Spekulation von M. Eigen über einen „selective instinct“ von Molekülen ist nicht zu erwarten, daß die Anhänger der Evolutions-Idee die als Alternative a) betrachtete Annahme mit ihren radikalen Konsequenzen vertreten werden. Der Versuch, den Menschen in seiner Eigenart als handelndes Individuum in die evolutionäre Entwicklung einzuordnen, ist somit vor die Hürde der Frage gestellt, *welcher Mechanismus* den qualitativen Sprung bei der Etablierung eines Entscheidungs-Freiraums bewirkt hat.

M. Eigen schreibt dazu: „The step from a single macromolecule to a catalytic hypercycle or a ‚living‘ cell is certainly less dramatic than the transition from the single cell to a selfconscious and intelligent human being. To understand the various steps involved in this transition will probably require just as little ‚new physics‘ but as many further (derivable) ‚concepts‘ as were required for the first step“ (S. 520). — Werden das Ich-Bewußtsein und ein Entscheidungs-Freiraum eines Individuums tatsächlich *adäquat* beschrieben werden können durch Konzepte, die aus der heutigen Physik *ableitbar* sind?

Gelegentlich begegnet man dem Mythos, daß ein „Umschlag von Quantität zu Qualität“ stattfindet, wenn nur das System hinreichend „komplex“ sei. Für eine solche Annahme gibt es nicht den geringsten Anhaltspunkt. Ein solches „komplexes System“ müßte von *grundsätzlich anderer* Struktur als ein *Computer* sein. Ein Computer kann nur die Befehle ausführen, die durch hard ware und soft ware ihm von außen vorgegeben worden sind. Natürlich kann ein Zufalls-Generator in den Computer integriert sein mit der Folge, daß die Aktion des Computers unter Umständen nicht vorhersehbar ist. Doch handelt es sich dann um eine *stochastische Unbestimmtheit* und *nicht* um einen *Entscheidungs-Freiraum* des Computers.

10. Zusammenfassung:

Unsere Erörterungen fassen wir zusammen in vier Thesen über die Evolution aus der Sicht der Wahrscheinlichkeitstheorie und in vier spieltheoretische Aspekte einer Einbeziehung des Menschen in das Gedankengebäude der Evolution.

Thesen aus der Sicht der Wahrscheinlichkeitstheorie:

A I.

Für die Evolution liegt bis heute *kein quantitatives Modell* vor; es gibt *lediglich qualitative* Spekulationen.

A II.

Ein — objektiv interpretierter — *Zufall* setzt eine wahrscheinlichkeitstheoretische *Gesetzmäßigkeit* voraus. Wenn der Zufall als Motor der Evolution betrachtet wird, dann ist die Evolution ein *stochastischer Prozeß* (mit vorgegebenen objektiven Übergangs-Wahrscheinlichkeiten).

A III.

Die wahrscheinlichkeitstheoretische Gesetzmäßigkeit läßt sich allein aus der Anzahl der Bausteine und der Anzahl der Typen von Bausteinen von Genen usw. (etwa mit Hilfe kombinatorischer Überlegungen) *nicht* deduzieren. Vielmehr müßten zur wahrscheinlichkeitstheoretischen Erklärung einer Evolution, die durch Mutation und Selektion einen *irreversiblen Aufstieg* von der Ursuppe zu den heute lebenden biologischen Arten bewirkt, noch zusätzliche, heute noch unbekannte physikalische Gesetze postuliert werden, die gemeinsam mit den heute bekannten physikalischen (und chemischen) Gesetzen ein äußerst *kunstvoll verflochtenes System* von stochastischen und deterministischen Gesetzmäßigkeiten bilden.

A IV.

Ein stochastischer Prozeß, der der Erfahrungstatsache der Existenz *quasi-stabiler* (d. h. über lange Zeiträume hinweg konstanter) Arten gerecht wird, müßte speziellen Bedingungen genügen, aus denen auch die *Vorherbestimmtheit* jeder dieser Arten folgen würde.

Spieltheoretische Aspekte:

B I.

Die von M. Eigen als Schlüssel für die weitere Forschung verstandene Anregung, die Spieltheorie zur Erklärung der Rolle des Menschen als *Werkzeug* der Evolution einzusetzen, bleibt – was die Substanz anbelangt – bisher in Andeutungen stecken. Diese Andeutungen lassen grundsätzliche Fragen offen, wecken aber auch für sich allein bereits Einwände ethischer und logischer Natur.

B II.

Die jedem spieltheoretischen Modell zugrundeliegende Hypothese, daß die handelnden Individuen *Entscheidungs-Freiräume* besitzen, leitet zu der *Kernfrage* an die Evolutionstheorie, zu der Frage nach der *materialistisch-physikalischen Erklärung* des Auftretens eines solchen Entscheidungs-Freiraums.

B III.

Der Mensch als Individuum *mit* einem Entscheidungs-Freiraum hat eine *qualitativ* grundsätzlich andere Natur als physikalische Systeme, die durch deterministische oder stochastische Gesetze bestimmt sind.

B IV.

Das Auftreten eines Individuums *mit* Entscheidungs-Freiraum im historischen Ablauf kann *nicht* als Resultat einer *Mutation* physikalischer Systeme, die über *keinen* solchen Freiraum verfügen, erklärt werden.

Schlußbemerkung.

Auch Charles Darwin äußerte sich zur Rolle des Zufalls bei der Evolution. Er spricht zwei Jahre vor seinem Tod von „der äußersten Schwierigkeit oder vielmehr Unmöglichkeit einzusehen, daß dieses ungeheure und wun-

derbare Weltall, welches den Mensch umfaßt, mit seiner Fähigkeit, weit zurück in die Vergangenheit und weit in die Zukunft zu blicken, das Resultat *blinden Zufalls* oder der Notwendigkeit sei. Denke ich darüber nach, dann fühle ich mich gezwungen, mich nach einer ersten Ursache umzusehen im Besitze eines intelligenten, dem des Menschen in einem gewissen Grade analogen Geistes, . . .⁴⁸.

Anmerkungen:

¹ J. Monod: „Zufall und Notwendigkeit“, R. Piper & Co., München 1971. Hier 141 f.

² Monod a. a. O., insbesondere 178 f. und 211.

³ Genauer: diese Anordnung ist vom „Ordnungstyp“ des R^1 .

⁴ Es handelt sich gerade um die Transformationen mittels *isotoner* Funktionen.

⁵ Diese Bedingungen lauten:

$p(0|E) = 0$, d. h. die Wahrscheinlichkeit, daß ein unmöglicher Folgezustand (also kein „Ergebnis“) auftritt, ist Null,

$p(M_E|E) = 1$, d. h. die Wahrscheinlichkeit, daß einer der möglichen Folgezustände (also irgendein „Ergebnis“) auftritt, ist Eins,

p ist eine „ σ -additive“ Mengenfunktion.

⁶ Monod a. a. O., 141.

⁷ Monod nimmt an, daß die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Lebens auf der Erde („vor dem Ereignis“) „fast null war“ (a. a. O., 179).

⁸ Fr. Darwin: Life and letters of Charles Darwin. Murray, London 1887 (2. Aufl.), 312.

VARIATIONEN DES DARWINISMUS IN DER SOZIOLOGIE

Problemstellung

Theorien können nicht sterben, und dies nicht etwa allein wegen ihrer Wahrheiten, sondern nicht selten auch wegen der mit ihnen verbundenen Mißinterpretationen. Charles *Darwins* wissenschaftlichem Werk blieb daher auch das Schicksal nicht erspart, seine Weltgeltung wesentlich Mißverständnissen zu verdanken.

S. Freud dürfte in der Beurteilung nicht fehlgegangen sein, wenn er die leidenschaftlichen Widerstände gegen diese und andere radikale wissenschaftliche Revolutionen mit der Verletzung des menschlichen Narzißmus in Zusammenhang brachte. 1916/17 schrieb er dazu: „Zwei große Kränkungen in ihrer naiven Eigenliebe hat die Menschheit im Laufe der Zeit von der Wissenschaft erdulden müssen. Die erste, als sie erfuhr, daß unsere Erde nicht der Mittelpunkt des Weltalls ist, sondern ein winziges Teilchen eines in seiner Größe kaum vorstellbaren Weltsystems. Sie knüpft sich für uns an den Namen Kopernikus . . . Die zweite, als die biologische Forschung das angebliche Schöpfungsvorrecht des Menschen zunichte machte, ihn auf die Abstammung aus dem Tierreich und die Unvertilgbarkeit seiner animalischen Natur verwies. Diese Umwertung hat sich . . . unter dem Einfluß von Ch. Darwin, Wallace und ihren Vorgängern nicht ohne das heftigste Sträuben der Zeitgenossen vollzogen¹.“

Freuds Bemerkung ist 65 Jahre alt. Aber die Auseinandersetzung um Darwin ist wie eh und je in vollem Gang, und es wird mit denselben Argumenten gestritten wie früher. Das zeigt die jüngste Auseinandersetzung der amerikanischen Fundamentalisten, der „moral majority“, die das Wort „Evolution“ durch Gerichtsbeschluß aus den Lehrplänen zu verbannen suchen².

Nun könnte man vermuten, der ganze Streit um Darwin sei eine reine Angelegenheit der Biologen, die gegen klassische Bastionen der Theologie und Philosophie anrennen. In Wirklichkeit ist Darwin aber auch ein eminent soziologisches Thema. Denn es gibt kaum ein ernstzunehmendes Lehrbuch der Soziologie, das nicht auf die hervorragende Bedeutung Darwins für die soziologische Theorie hingewiesen hätte³. So viele soziologische „-ismen“ berufen sich auf ihn⁴, daß wir es uns nicht ersparen können, diesen Zusammenhang näher zu untersuchen. Je nachdem, wie stark die vermuteten Einflüsse tatsächlich sind, dürfte vielleicht ein Teil des Kränkungssyndroms auch auf die Soziologie übergegangen sein und einen Teil der Angst vor der Soziologie mitbegründen.

A. Darwin und der Darwinismus

Wer vom Darwinismus in der Soziologie sprechen will, tut gut daran, wenigstens ganz knapp in Erinnerung zu rufen, was Darwin selbst wirklich gesagt hat. Erst daraus läßt sich nämlich ermessen, ob die Soziologie überhaupt berechtigt ist, von Darwinismus zu sprechen, und wenn ja, welche Formen von Darwinismus sich herausgebildet haben.

I. Darwin und „seine“ Entdeckungen

Darwins Theorie der „natürlichen Zuchtwahl“ beruht auf der Kombination zweier unterschiedlicher Prozesse:

- 1) dem *Prozeß der Variation*: wonach bei der Reproduktion der Individuen einer Art immer wieder ganz spontan unterschiedliche Formen auftreten, kein Individuum den anderen gleicht und diese Unterschiede sich durch Vererbung zumindest teilweise wieder auf den Nachwuchs übertragen;
- 2) dem *Prozeß der Selektion*: wonach eine sich wandelnde Umwelt als „Zensor“ auftritt und aus der Materialfülle der Variation jene Individuen einer Art begünstigt, die wegen ihrer Unterschiede diesen Umweltbedingungen am besten angepaßt sind. Aus der Vielfalt der Arten werden somit durch natürliche Auslese (natural selection) jene Organismen heraussortiert, die am besten angepaßt sind („the best to survive in a given environment“).

Das Ergebnis beider Vorgänge ist der *Prozeß der Evolution*: Denn durch natürliche Auslese müssen sich jene Gruppen von Lebewesen ansammeln, die – bezogen auf eine bestimmte Umwelt – höchste Überlebenseigenschaften besitzen, während die ungeeigneten Varianten unterliegen. Aus Prozeß 1 und 2 ist erklärbar, wie sich neue Arten aus alten Arten entwickeln. Der Artbegriff ist aber nunmehr kein ein für allemal fester Typus (bzw. kein festes Klassifikationsschema) mehr, sondern unterliegt selbst dem Wandel, d. h. der Plan der Natur ist in evolutionäre Schritte aufgeteilt.

Um klassischen Mißverständnissen vorzubeugen, wie sie auch in der Soziologie bis heute immer noch mitgeschleppt werden, muß an dieser Stelle sogleich auf zwei wichtige Punkte hingewiesen werden:

- 1) *Darwins* Theorie ist – trotz manch unvorsichtiger Formulierung auch bei ihm⁶ – nicht primär eine *Fortschrittstheorie*. Aus den alten Arten müssen sich keineswegs höhere, bessere und fortschrittlichere Formen entwickeln. Der Erklärungsanspruch von *Darwin* ist viel bescheidener: er zeigt auf, daß sich die neuen Formen an ihre Lebensbedingungen anpassen müssen und somit von den alten Arten unterscheiden. Zutreffender wäre es folglich, *Darwins* Theorie als Wandlungstheorie zu bezeichnen, bei der nicht zwingend eine Höherentwicklung mitgedacht werden muß (= „spezifische Evolution“ im Gegensatz zur „allgemeinen Evolution“). Zuchtwahl bezeichnet Abstammungs- und Transformationsbeziehungen, nicht Hierarchiebeziehungen⁷. Der Ausdruck

„survival of the fittest“ ist daher auch nicht im wertenden Sinn zu verstehen, sondern heißt einfach „geeigneter“ oder tauglicher im Hinblick auf eine gegebene Umwelt⁸.

- 2) Evolution bei *Darwin* besagt auch nicht „*notwendige Entwicklung*“: Selektion bewirkt aus dem Zusammenspiel von zufälligen Variationen und einem in seiner Vielfalt unvorhersehbaren Umweltdruck nur eine jeweils geeignete(re) Anpassung. Heterogenität, Komplexität und Perfektion sind dabei keine notwendigen Ergebnisse. (Natürlich besagt dies nicht, daß nicht jeder Wandel seine ihm eigenen Erklärungsursachen besäße). Wenn eine Wandlung eingetreten ist, wird der allgemeine Auslesemechanismus zur Deutung herangezogen, aber die Wandlungsgeschichte einer Art ist nur eine unter vielen denkbaren (= Retrodktion).

Schließlich muß man sich vor Augen halten, daß *Darwins* Theorie in ihren Bestandteilen nicht so neu ist, wie es später den Anschein hatte. Über den Prozeß der *Variation* braucht man keine Worte zu verlieren. Er ist schließlich ein Faktum, dessen Kenntnis der Menschheit seit jeher offensichtlich war.

- 1) Was den Selektionsprozeß angeht, hat *Darwin* in seiner Autobiographie selbst bemerkt, er sei durch die Lektüre von *Malthus* darauf gestoßen. Erst dadurch hat er sein früher gesammeltes Material synthetisieren können. Gleich zu Beginn seines Hauptwerks schreibt er dann auch, daß er in seinem Buch den „Kampf ums Dasein der organischen Wesen der ganzen Erde betrachtet . . . , der eine unvermeidliche Folge der großen geometrisch fortschreitenden Vermehrung ist“, womit er nur „die Lehre von *Malthus* auf das gesamte Tier- und Pflanzenreich anwendet“⁹. Zwar läßt sich einwenden, *Malthus* habe mit seiner gewaltigen Angleichung zwischen Überbevölkerung und knappen Ressourcen in Wirklichkeit gar *keinen Selektions-*, sondern eher einen unspezifischen Gleichgewichtsprozeß im Auge gehabt¹⁰. Dennoch ist auch hier *Darwins* Originalität weniger groß als man gemeinhin annahm.
- 2) Und was schließlich den Prozeß der *Evolution* selbst anbetrifft, hat *Nisbet* überdeutlich gemacht, daß alle Hauptwerke zur Bildung der soziologischen Evolutionstheorie (Aristoteles, Augustinus, Rousseau, Condorcet, Turgot, Smith, u.a.m.) der Publikation von *Darwins* Buch zum Teil weit vorausgehen. Und daß selbst die Werke, die unmittelbar nach *Darwin* erschienen sind, sich im wesentlichen auf frühere Arbeiten beziehen (Sir Henry Maine; Edward Tylor, Lewis Morgan) und auf die biologische Variante *Darwins* keinen Bezug nehmen¹¹. Es ist daher eher eine Verzerrung der Geschichte sozialer Ideen, daß der gesellschaftliche Evolutionismus des 19. Jhs. nichts anderes als eine simple Übertragung des *Darwinschen* biologischen Evolutionismus auf die sozialen Institutionen wäre.

Wo sind dann die Gründe für den beispiellosen Enthusiasmus¹² unter Wissenschaftlern, Politikern, Managern und breiten Schichten des Bildungsbürgertums zu suchen, den *Darwins* Schriften ausgelöst haben und

„Evolution“ zum Schlüsselbegriff „wahrhaft“ intellektueller Beschäftigung werden ließen?¹³ *Popper* vermutet den Grund darin, daß sich nach der Französischen Revolution und den ersten Auswirkungen des entstehenden Industrialismus ein Geschichtspessimismus breitzumachen begann (Tocqueville, Burckhardt), der sich durch *Darwins* Theorie anscheinend endgültig aus den Angeln heben ließ^{13a}.

II. Darwinismus als Denkstil und Mythos

Die Tatsache, daß die Idee der sozialen Evolution erst im Gefolge von *Darwin* ihren Durchbruch erlebte, obwohl sie von ihm gar nicht abhing, läßt eigentlich nur den Schluß zu, daß von *Darwins* Theorie selbst eine ganz andere Wirkung ausging als eine genuin inhaltliche. Das macht es auch so schwer, den Darwinismus in der Soziologie zu definieren.

Die eigentliche Wirkung *Darwins* hat nämlich mit einer paradigmatischen Veränderung des intellektuellen Klimas zu tun, für das er als Symbolfigur diente.

- 1) Ein Gutteil seines Erfolges ist nämlich darauf zurückzuführen, daß er den organischen Wandel nicht mehr durch außernatürliche Kräfte, sondern durch immanente, natürliche, biologische Kräfte – die Auslese – zu erklären suchte. Evolution ist ein Vorgang, für den man scheinbar keine metaphysische, finalistische Erklärung mehr benötigte. Dadurch schien es nun möglich, ein Geschichtsgesetz naturwissenschaftlich zu fundieren, ohne den Traum vom universalen Fortschritt aufgeben zu müssen¹⁴. *Darwin* wurde zur Chiffre für *Säkularisierung*¹⁵, und das entsprach ganz den aufklärerischen Zielen des 18./19. Jhs., sich eben durch Wissenschaft nicht nur von den traditionellen Mächten zu befreien, sondern sogar dann erst die eigentliche Vervollkommnung des Menschen und seiner Welt einleiten zu können¹⁶.

Daß *Darwin* hierzu nur das biologische Stichwort gegeben hat, wird aus dem Verhältnis von *Marx* zu *Darwin* klar. Trotz schwerwiegender Einwände gegen eine mögliche Gleichsetzung von Natur- und Menschheitsgeschichte, die *Marx* gegen einen möglichen Darwinismus vorbrachte, hielt er *Darwin* doch für „epochemachend“¹⁷, ein Lob, das er sonst kaum über die Lippen brachte. *Marx* dachte sogar daran, *Darwin* die englische Übersetzung des 1. Bandes des „Kapital“ zu widmen – ein Angebot, das *Darwin* aber mit dem bescheidenen Hinweis ablehnte, er könne und wolle sich nur auf Naturwissenschaft konzentrieren, er habe nicht mehr die Kraft, sich in *Marx*' Denken einzuarbeiten und er wolle im übrigen jede Assoziation und Äußerung zu religiösen Fragen vermeiden¹⁸.

Engels wird noch viel deutlicher. Obwohl er mit *Darwins* Methoden wenig anfangen konnte, begrüßte er dessen Forschungen dennoch, weil sie dazu beitrugen, „die Teleologie kaputt gemacht“ zu haben¹⁹. „*Darwin* . . .“, so schreibt er, „hat der metaphysischen Naturauffassung den gewaltigsten Stoß versetzt . . . durch seinen Nachweis, daß die ganze

heutige organische Natur, Pflanzen und Tiere, und damit auch der Mensch, das Produkt eines durch Millionen Jahre fortgesetzten Entwicklungsprozesses ist²⁰“.

- 2) Hinzu kommt, daß *Darwin* als *Naturwissenschaftler* den unschätzbaren Vorteil hatte, (einzig) exakte Realitätserfassung für sich beanspruchen zu können. Alle, die eine gesellschaftliche Entwicklungslehre vertraten, wollten möglichst sich im Dunstkreis dieser *wissenschaftlichen Reputation* ansiedeln. Bei Marx und Engels läßt sich das ebenso nachweisen²¹, wie bei den frühen angelsächsischen Soziologen. Jeder trachtete danach, seinen eigenen Aussagen die höheren wissenschaftlichen Weihen dadurch zu verleihen, daß man sich auf den hochberühmten, in seiner naturwissenschaftlichen Exaktheit kaum zu bezweifelnden *Darwin* berief. So gab *Darwins* immenser Erfolg den unterschiedlichsten soziologischen Evolutionismen eine scheinbar unverbrüchliche Absicherung, auch wenn er sie selbst keinesfalls gestützt hatte²². Ein Beispiel ist dafür erhellend: Zwar hat *Darwin* die bald aufkommende Idee, man könne aus seiner Theorie eine sozialistische Evolution ableiten, als eine „foolish idea“ bezeichnet. Das konnte gleichwohl nicht verhindern, daß *Edward Aveling*, der Schwiegersohn von *Marx*, 1897 den Sozialismus zum logischen Ergebnis der Evolution erklärte und behauptete, diese Aussage sei durch *Darwin* wissenschaftlich abgestützt²³. Diese Verhaltensweise ist für verschiedene Formen von „Darwinismus“ in der Soziologie ausschlaggebend geworden.

B. Formen des Darwinismus in der Soziologie

Wir wollen im folgenden zwei große Gruppen von Theorien – eine ältere und eine moderne – betrachten, die sich beide auf *Darwin* berufen oder mit ihm in Verbindung gebracht werden. Beide Gruppen lassen sich wieder in zwei Untergruppen gliedern, so daß wir es im Endeffekt mit vier Typen von Darwinismus zu tun haben werden.

1. Der „klassische“ Sozialdarwinismus und das Problem der Auslese

Wie wir wissen, hatte *Darwin* Zeit seines Lebens große Bedenken, ob und inwieweit sich seine biologischen Kategorien auf die *Kultur* des Menschen anwenden ließen. Diese Bedenken kannten die sogenannten Sozialdarwinisten nicht. Für sie stand es außer Zweifel, daß die natürliche Auslese *das* Erklärungsprinzip für die Entwicklung der menschlichen Gesellschaft schlechthin sei²⁴. (Im Vorrang, den sie dem Selektionsgedanken einräumen, unterscheiden sie sich von allen anderen soziologischen Theorien.) Allerdings kann die Auslese zweifach gedeutet werden:

1. Spencer und die Auslesefunktion des Austauschprinzips (Darwinismus Typ 1)

Herbert *Spencer* (1820–1903), zu Lebzeiten im Ruf stehend, das Genie des Jahrhunderts zu sein, und keineswegs nur ein purer Adept *Darwins*²⁵,

nahm eine gewichtige Uminterpretation vor. Für ihn ist Evolution nämlich nur als *Fortschritt* und als *notwendige Entwicklung* zu verstehen. Daher ist Auslese und Überlebenskampf nicht nur ein Faktum, sondern sogar ein *Muß*⁶. Denn ohne solch heilsame Selbstreinigungsvorgänge könne sich die Gesellschaft nicht fortentwickeln. Fortschreitende Höherentwicklung ist aber das Naturgesetz des Kosmos. Evolution, Fortschritt und Kosmos sind synonyme Begriffe²⁷. Auch die soziale Sphäre unterliegt diesem Gesetz.

Sozialer (ökonomischer, politischer, kultureller) Fortschritt ist analog zur biologischen Selektion vom Gesetz des „survival of the fittest“ beherrscht. Das Ergebnis der Auslese kann nur die Perfektion, die Maximierung des Glücks, kurz: die höchste Zivilisation sein. Die Entwicklung dorthin gleicht einem *Naturablauf*, dem man sich nur zum eigenen Schaden entgegenstellen kann, denn man würde ja nur den Anpassungsprozeß an den jeweils höchstmöglichen Stand gesellschaftlicher Lebensqualität verhindern²⁸. Weder die physisch und sozial Schwachen, noch die intellektuell Unterlegenen dürfen in diesem harten Überlebenskampf durch künstliche Eingriffe des Staates (insbesondere durch Wohlfahrtsmaßnahmen) gestützt werden²⁹.

Unter der Hand verbindet sich *Spencers* Gesellschaftstheorie mit der herrschenden Laissez-faire-Doktrin. Denn der beste Beweis für die gelungene Durchsetzung des Fittesten, ist der Erfolg im (ökonomischen) Wettbewerb, die Behauptung der erfolgreichsten Austauschposition. Wer hier unterliegt, bekommt nur seine gerechte Strafe für seine eigene Unangepaßtheit an den Naturprozeß.

Noch direkter auf die ökonomischen Aspekte der Auslese bezieht sich der amerikanische Soziologe William Graham Sumner (1840 – 1910), der neben *Spencer* als der einflußreichste Sozialdarwinist gilt.

Für ihn ist es eine ausgemachte Sache, daß der primitive Mensch, indem er sich vom Wettbewerb und Kampf zurückzog und versäumte, Kapital zu akkumulieren, seine eigene, dauerhafte Rückständigkeit produzierte. Auch in der Gegenwart ist Armut, Ignoranz, Laster und Glücklosigkeit Ausdruck und Folge des naturgemäßen Bestrafungsprozesses.

Diejenigen, die imstande waren, den negativen Trend zu brechen und über die Schaffung von gesellschaftlichem Kapital die Zivilisation höher zu entwickeln, sind die erfolgreichen *Manager* und *Industriekapitäne*³⁰. Sie können in kurzer Zeit große Vermögen ansammeln und stehen am oberen Ende der sozialen Skala. Und das mit Recht. Denn sie sind die Kompetentesten, die sich im Wettbewerb behaupten konnten, und davon kann die Gesellschaft nur gewinnen. Es erstaunt nicht, daß diese Theorie von Industriemagnaten wie *Rockefeller*, *Carnegie* u. a., bzw. von allen ökonomischen Aufsteigern in einem Land, das „unbegrenzte Möglichkeiten“ versprach, gern gehört wurde, die sich denn auch freudig auf das „darwinistische Gesetz des Stärkeren“ beriefen. Hier liegt übrigens ein Argument, das in der modernen sogenannten *funktionalistischen Schichtungstheorie* beinahe unverändert wieder auftaucht³¹.

Es ist für *Sumner* geradezu der „Aberglaube der Demokratie“³², den abnormalen Fall der Gleichheit zur allgemeinen Norm machen zu wollen. Wohlstandserzeugung unter den gegenwärtigen Gesellschaftsverhältnissen braucht harte Auslese. Daher kann es Nivellierung der Schichtungsverhältnisse nicht geben³³. Erst in einer Überflußgesellschaft kann sich jeder dem Wohlstandsgenuß hingeben, ohne daß die Grundlagen der Zivilisation gefährdet werden.

Bei aller Wertschätzung von Wettbewerb fallen zwei entscheidende Bedeutungsveränderungen von „Darwinismus“ auf. Diese Form des Sozialdarwinismus (oder besser: Spencerismus) läßt sich nämlich nur ganz eklektisch auf *Darwins* Theoriegebäude ein:

- 1) Der *Variationsprozeß*, d. h. die Quelle der Variation oder – soziologisch gesprochen – der sozialen Ungleichheit, wird vernachlässigt³⁴. Damit werden die Unterschiede in den sozialen Chancen, Ausgangspositionen und Schicksalen a priori den biologischen Naturtatsachen zugeschlagen, über die sich aufzuhalten keinen Sinn macht.
- 2) Die Wettbewerbsauslese wird nicht auf eine grundsätzlich variable und gestaltbare Umwelt bezogen, sondern in einen „natürlichen“, unabwiesbaren Trend zur Perfektion eingepaßt; Perfektion heißt aber vollendete Auslese. Damit wird eine krasse Ungleichheit zum Definitionsmerkmal von Zivilisation. Somit wird auch das „survival of the fittest“ nicht mehr einfach als gelungene Anpassung interpretiert, sondern als gelungene Anpassung an die differenzierungsträchtige Zivilisation, d. h. „the fittest“ wird zum Durchsetzungsfähigsten, Schlauesten, Geschicktesten, Draufgängerischsten³⁵. Er wird der *Beste* für die Gesellschaft; Armut, Glücklosigkeit, etc. geraten hingegen zum moralischen Vorwurf.

2. Sozialdarwinismus, Rassenkonflikt und Rassenauslese (Darwinismus Typ 2)

Eine entscheidende, in ihren Konsequenzen fatale Wende erhielt der Sozialdarwinismus dadurch, daß er sich mit dem Aspekt der Rasse verband.

Ursprünglich hat es ganz *theoretisch* – als Hinweis auf die Wichtigkeit biologischer Kategorien für die Erklärung sozialer Prozesse – angefangen. Ludwig Gumplowicz (1838 – 1909) nahm seine vitalen Erfahrungen mit den ethnischen Konflikten in der Donaumonarchie zum Anlaß, den „Rassenkampf“ (1883) in den Mittelpunkt seiner soziologischen Überlegungen zu stellen.

Soziologie hat es mit Gruppenbeziehungen zu tun. Wer soziales Leben begreifen will, muß bei der Auseinandersetzung zwischen Gruppen anfangen³⁶. Da die Menschheit selbst für Gumplowicz rassenpluralistischen (= polygenetischen) Ursprungs ist, stehen am Anfang auch die Hordenkämpfe im Zentrum. Später, mit der Errichtung staatlicher Zwangsgewalt, verlagern sich die Kämpfe auf zwischenstaatliche, interethnische oder Rassenauseinandersetzungen³⁷. Im Anschluß daran hat *L. Ward* erklären

können, die Soziologie habe es hauptsächlich mit weltgeschichtlichen Rassen zu tun, „weil in ihnen allein das sine qua non aller Errungenschaften, nämlich soziale Fortdauer“ gefunden wird³⁸.

All das ließ sich in Verbindung mit der Zeitgeschichte und dem entsprechenden intellektuellen Klima natürlich leicht *politisch* ausschlichten. Man mußte nur Rassen und Nationen gleichsetzen und diese mit unterschiedlichen Zivilisationsrängen belegen. Konnte man nun noch ein vermeintlich „ehernes Gesetz“ des Kampfes aller gegen alle als immanente, kosmische Kraft unterstellen, dann ließ sich unter dem Siegel exakter Wissenschaft beinahe jegliche Enormität, von der Teilung Afrikas bis zum 1. Weltkrieg, ideologisch rechtfertigen³⁹. Obwohl er das ursprünglich nicht intendierte, ist der Sozialdarwinismus so zum Steigbügelhalter für Imperialismus und Rassismus geworden⁴⁰.

Es genügt zur Illustration auf Cecil *Rhodes* zu verweisen, für den die Engländer die erste Rasse dieser Welt sind. „... je mehr wir von dieser Welt beherrschen, desto besser ist es für die ganze menschliche Rasse...“⁴¹. Zitate weltbekanntester Schriftsteller (z. B. Kipling) oder Politiker (z. B. Th. Roosevelt) ließen sich beliebig addieren. Von da ist es schließlich nur noch ein kleiner Schritt zum „Kult des Krieges“, der angeblich die besten Interessen der Menschheit fördert (Moltke, Lord Wolseley)⁴².

Klein ist aber auch der Schritt zur eigentlichen *Rassenauslese*. Wiederum hat es eigentlich rein *naturwissenschaftlich* angefangen. Charles *Darwins* Vetter, Francis *Galton* (1822–1911), kam bei seinen erbbiologischen Untersuchungen zu der Überzeugung, daß den Erbfaktoren (also *Darwins* Variation) die größere Bedeutung für die menschliche Kreativität zukäme als den Umwelteinflüssen. Davon nahm die rassenhygienische (= eugenische) Bewegung ihren Lauf⁴³:

Sie glaubte zu entdecken, daß die Begabteren sich schwächer vermehrten als die unbegabteren Unterschichten (sic!), so daß für den Zivilisationsprozeß zu befürchten stand, die Auslese der Tüchtigsten würde sich in ihr Gegenteil verkehren. Offenbar konnte man dem *Spencerschen* Naturdeterminismus nicht so ganz trauen⁴⁴.

Rassenpolitisch sollte zumindest das Laissez-faire wegfallen und der Staat sollte mit Rassenschutzmaßnahmen gegen das drohende erbbiologische Desaster vorgehen. So kam es um die Jahrhundertwende in vielen Staaten zu einer sich vorwiegend naturwissenschaftlich verstehenden Rassenbewegung.

Wiederum ließ sich diese Bewegung *politisch* ausschlichten. Einige Anhänger der eugenischen Bewegung – und bemerkenswerterweise allen voran nicht Deutsche, sondern Arthur *de Gobineau* (1816–1882), Vacher *de Lapouge* (1854–1936) und Houston Stewart *Chamberlain* (1885–1927), der Schwiegersonn Richard *Wagners* – behaupteten nämlich, der arisch-teutonischen Rasse gebühre der Vorrang unter allen Zivilisationen.

Die Frage war nur, wer die Arier seien, eher die Angelsachsen oder eher die Deutschen. *Roosevelt*, Ch. *Pearson*, H. G. *Wells*, J. *Fiske* u. a. plädier-

ten für die ersteren, *Chamberlain* und *Hitler* für die letzteren. Die Formulierungen gleichen sich oft in fataler Weise. Nur die Bereitschaft zur totalen Rassenpolitik war unterschiedlich.

Es ist erst genau 40 Jahre her, daß in Berlin die unseligen Wannseer Protokolle offiziell die „Endlösung“ verkündeten und einen Ultra-Darwinismus auf die verbrecherische Spitze trieben. Im Endeffekt tröstet es wenig, daß diese fatalen Entwicklungen nicht direkt der Soziologie anzulasten sind. Doch ähnlich wie der Atomphysiker R. *Oppenheimer* nach Hiroshima erklärte, hat hier die reine Forschung die Sünde kennengelernt. Und diese Erfahrung läßt sich nicht mehr auslöschen.

II. Darwin und seine Rezeption in der modernen Soziologie

Zum Glück für *Darwin* und seine Anhänger in der Soziologie konnte seine biologische Evolutionstheorie die soziologische Forschung auch noch um andere, weniger sinistere Variationen als die letztgenannte bereichern. Zwei weitere Typen sind in die moderne Diskussion eingegangen:

1. Organismusanalogie, Evolutionismus und Neo-Evolutionismus (Darwinismus Typ 3)

Die Geschichte des soziologischen Darwinismus ist eine Geschichte ungenauer, oder gar nur noch rein terminologischer Rezeption des Darwinischen Gedankengutes. Das zeigt sich u. a. auch an der Frage der gesellschaftlichen Evolution.

Darwins Scheu vor dem Terminus „Evolution“ als Fortschrittsassoziation hat nicht verhindern können, daß er gerade wegen dieser Assoziation noch berühmter wurde als wegen der „natürlichen Auslese“⁴⁵. Noch heute gilt im allgemeinen Sprachgebrauch – zu Unrecht zwar – vieles als „darwinistisch“, was mit gesellschaftlicher Entwicklung, Fortschritt und Wachstum zu tun hat.

Schon weit vor *Darwin*, aber erst recht in seinem und *Spencers* Gefolge, hat dabei die *Analogie* zwischen biologisch-organischem Wachstum und gesellschaftlichem Wandel eine zentrale Rolle gespielt⁴⁶.

Ausgehend von der unmittelbaren Anschauung, daß Organismen durch ihre Vorgänger entstehen, einen Lebenszyklus besitzen, der sie in einer gewissen Kontinuität, schrittweise und regelmäßig über Zwischenphasen zur höheren Komplexität, d. h. zur Reife führt, versuchte man deshalb – in Analogie zum individuellen Organismus, nicht etwa zu den Darwinischen „species“ – auch die gesellschaftlichen Institutionen oder Kulturelemente zu verstehen. Das Bild des gesellschaftlichen „Organismus“ mit seinem Wachstum von der Geburt bis zur Reife wurde zum beliebten Topos des 18. und 19. Jhs., mit dem sich auch unterschiedliche Kulturen oder Kultur-niveaus verschiedener Gesellschaften dem unterschiedlichen Reifegrad entsprechend klassifizieren ließen⁴⁷.

Im modernen englischen und amerikanischen *Neo-Evolutionismus* (um Parson, Merton, aber auch R. Firth u. a.) blieben Stücke dieser Analogie erhalten, nur änderte sich der Rahmen der Entwicklung. Stand früher die Entwicklung ganzer Gesellschaften im Zentrum, so ist es jetzt das *soziale System* und seine internen Wandlungsvorgänge.

Als soziales System gilt eine bestimmte Menge von sozialen Beziehungen, die sich aus der Überfülle möglicher Beziehungen dadurch ausgrenzen, daß sie sich über einen Zeitraum hinweg stabilisieren und damit als innere Ordnung (Organisation) gegen die komplexe Umwelt abheben. Solche Systembildungen werden von vielen Strukturfunctionalisten mit Hilfe *Darwinischer* Terminologie dargelegt. Variation besagt Materialfülle, aus der über Selektionsvorgänge die brauchbarsten Möglichkeiten ausgewählt und in Teilsysteme ausdifferenziert werden, denen eine Tendenz zur Stabilisierung, d. h. Bewahrung der gewählten Möglichkeiten eigen ist. Spannungen zwischen der stabilisierten Sozialstruktur (etwa durch unerfüllte Bedürfnisse nach Sicherheit, Macht, Anerkennung, Wissen u. ä.) und der Umwelt führen im Lauf der Zeit zum Zusammenbruch von Institutionen und grundlegenden Wandlungsvorgängen vorerst *im System*⁴⁸. Nur wenn sich der Wandel weiter kumuliert, muß man ab einem schwer angebbaren Punkt vom Wandel *des Systems* selbst reden (so wie es auch die Organismusanalogie nahelegt)⁴⁹.

Auf die Besonderheit der *Parsonschen* Wandlungstheorie kann hier nicht eingegangen werden. Trotz der Betonung von Integrationsmechanismen von sozialen Systemen läßt er endogenen Wandel zu, nur daß sich dieser innerhalb der strikten Grenzen des sozialen Systems bewegt. Exogener Wandel (in der Kultur, in der Persönlichkeit) ist zwar auch möglich, besitzt aber doch in Wirklichkeit so viele endogene Elemente, daß möglicherweise wieder die Integrationsmechanismen den Ausschlag geben⁵⁰.

In jüngerer Zeit hat die Behandlung *exogener Faktoren* an Bedeutung gewonnen, nämlich der Kulturkontakt und der Wettbewerb im kulturellen Bereich⁵¹. Wiederum wird der Selektionsprozeß entscheidend, der je nachdem wie geschickt eine Gesellschaft dem Druck eines bestimmten Ökosystems (= natürliche Umwelt und grenzüberschreitendes Kulturmilieu) standhalten kann, zu evolutionärer Siebung führen kann⁵². Wir wissen alle, wie eine bestimmte Technologie die Selektionsbedingungen von ganzen Kulturen verändern kann.

Die Selektivität hat aber noch einen anderen Aspekt: Die Impulse des sich verändernden Ökosystems werden von den damit konfrontierten Gesellschaften wiederum selektiv verarbeitet, so daß eine *unilineare Entwicklungsrichtung* nicht mehr zu erwarten ist⁵³, wie noch manche funktionalistische Modernisierungstheoretiker zu unterstellen schienen. Seit einigen Dekaden beschäftigt uns nunmehr die entwicklungssoziologische Problematik, wie einzelne Länder an solchen Anpassungsvorteilen teilnehmen, unter welchen Bedingungen diese in Nachteile umschlagen, und wie das Verhältnis von soziokulturellen Zentren und ihren Peripherien deshalb zu gestalten ist.

Abgesehen von der Abstraktheit, die in diesen Argumentationen gewöhnlich steckt, darf man auch die Organismusanalogie nicht zu weit treiben. Sie hat nämlich eine Reihe von Schwächen:

- 1) L. Ward hat sehr gut gezeigt, daß sie eigentlich – um sich auf Darwin berufen zu können – falsch angesetzt ist, weil man dann die Auseinandersetzung der Arten in ihrem „struggle for structure“, nicht den individuellen Organismus als Vergleich hätte heranziehen müssen⁵⁴.
- 2) Überdies brechen die Wahlverwandtschaften zu Darwin gerade da zusammen, wo sie für die Soziologie bedeutsam sind, nämlich bei der Übertragung von bestimmten Kulturmustern auf die nächste Generation oder eine andere Kultur (Kulturkontakt). Soziale Wandlungsvorgänge laufen nämlich mit dem biologischen Generationswechsel zeitlich nicht parallel, so daß Variationen des sozialen Handelns nicht mit biologischen Merkmalsveränderungen gleichzusetzen sind.
- 3) Zudem kann nicht klar gemacht werden, daß und ob eine Entwicklung die nächste *zwingend* produziert, also Makrowandel – noch dazu progressiv – eintritt⁵⁵.
- 4) Schließlich wird auch die Terminologie oft in einer Darwin nur gewaltsam angenäherten Weise eingesetzt, indem Variation zu Innovation und Rekombination und Selektion zu Wahlhandlungen umgedeutet werden⁵⁶. So läßt sich behaupten, daß sich die gesamte soziologische Evolutionstheorie mit gänzlich anderen Dingen befaßt als Darwins organische Evolution⁵⁷. Aber auch wenn seine Theorie niemals ernsthaft zur Erklärung gesellschaftlicher Entwicklungen herangezogen werden konnte, hat man sich die Fehlbenennung „Darwinismus“ oft ganz gern gefallen lassen.

2. Darwinismus und Soziobiologie (Darwinismus Typ 4)

Trotzdem läßt die Soziologie nicht locker und will ihre mangelnde Verbindung zu den biologischen Grundlagen aufarbeiten⁵⁸. Den Anstoß dazu hat sie jüngst von dem Genetiker Wilson⁵⁹ erhalten, der darauf verweisen will, daß der Zusammenhang zwischen Biologie und Soziologie doch viel enger ist, als die meisten Soziologen bisher zugestehen bereit waren. Er nennt seine neue „Synthese“ die Soziobiologie.

Für die Soziobiologen ist es eine reine Oberflächenbetrachtung, würde man, wie es die Soziologie oft tut⁶⁰, die Erklärung des menschlichen Verhaltens erst bei der gesellschaftlichen Interaktion beginnen lassen. Dabei würde unzulässigerweise die Verhaftung aller sozio-kulturellen Äußerungen mit dem „organischen Gedächtnis“ ausgeklammert. Man muß Darwins Theorie der Zuchtwahl nur mit der modernen Genetik verbinden und von der ursprünglichen Beschränkung auf anatomische und physiologische Vorgänge befreien. Dann zeigt sich, daß die Gene der Motor der Evolution sind und die Biologie zur *grundlegenden* Verhaltenswissenschaft avanciert⁶¹.

Menschliches Verhalten ist primär ein Vehikel genetischer Informationen⁶². Hauptinformation der „selbstsüchtigen Gene“ an den ganzen Or-

ganismus ist, daß sie unablässig darauf aus sind, sich möglichst zahlreich zu reproduzieren und damit in Auseinandersetzung mit dem umweltbedingten Selektionsprozeß ihre „fitness“ zu beweisen.

Zur *Illustration* dient das scheinbar so altruistische Verhalten der Wächterbienen, die ihr Leben gegen Eindringlinge aufopfern. Soziobiologisch heißt das aber nur, daß das Opfer eines Individuums weder Altruismus noch Verlust bedeutet, wenn damit die Überlebensfähigkeit der Gene des ganzen verwandten Insektenstammes erhalten bleibt oder erhöht wird. Denn das liegt genau auch im Interesse der egoistischen Gene des sich aufopfernden Wächters.

Die Soziobiologie versucht nun, diese Erkenntnisse auf den Menschen zu übertragen. Der Millionen Jahre alte Anpassungsprozeß zwischen Genen und Umwelt muß auch bei ihm, in seiner Natur, seinen ethischen und religiösen Vorstellungen und seinen gesellschaftlichen Strukturen seinen Niederschlag gefunden haben⁶³. Deshalb versuchen die Soziobiologen möglichst jede soziale Beziehung unter dem Gesichtspunkt eines *Gen-Investments* zu sehen, das sich möglichst gut verzinsen soll. Dementsprechend werden Erklärungsversuche angeboten für das Sorgeverhalten leiblicher Eltern (gegenüber Stiefeltern), für die Promiskuität des Mannes (im Gegensatz zur Frau), für das Inzest-Tabu, für die Vorteile der Kooperation, für Aggressivität bei Ressourcenknappheit u. a. m.⁶⁴. Immer wird der soziale Imperativ aus dem genetischen Imperativ abgeleitet, daß die eigenen (oder verwandten) Gene auch unter den variabelsten sozialen Umweltbedingungen möglichst erfolgreich zu verteidigen und zu verbreiten sind⁶⁵.

Jüngst hat man versucht, die Verbreitung sozialer Normen in einer Gesellschaft in Analogie zur Soziobiologie zu erklären. Normen werden zu „normativen Genen“ umformuliert, die sich in den zwischenmenschlichen Beziehungen durchzusetzen (d. h. zu reproduzieren) trachten⁶⁶. Dasjenige „Handlungsgen“ wird unter bestimmten selektiven Umweltbedingungen (Gruppenkonkurrenz, Wandel der Ressourcen, etc.) die größten Chancen zur Durchsetzung besitzen, das sich seiner Norm- (bzw. „Gen“-)Konkurrenz als überlegen erweist. In ähnlicher Weise wird vorgeschlagen, auf makrosoziologischer Ebene Institutionen als genetische Merkmale von Gesellschaften aufzufassen, die sich dann am besten reproduzieren können, wenn sie dem selektiven Umweltdruck (z. B. Kulturkontakt) am besten gewachsen sind.

Die von verschiedenen Fächern (Philosophie, Biologie, Verhaltensforschung) geübte Kritik an der Soziobiologie ist von der Soziologie bisher nicht in der gleichen Vehemenz aufgegriffen worden. Allerdings lassen sich einige Einwände formulieren:

- 1) Entgegen anderslautenden Beteuerungen vermag ich persönlich den Erklärungswert solcher Umformulierungen nicht einzusehen, außer vielleicht, daß die meisten soziologischen Theorien in vielem ergänzungsbedürftig sind, u. a. darin, was die Erklärung der Anpassungs-, Selektions- und Variationsprozesse betrifft.

- 2) Übrigens wird der „Gen“-Begriff dann auch nur in einem *übertragenen* Sinn verwendet, so daß die Verbindung eher eine terminologische als eine reale ist. Damit findet im Verhältnis zwischen Wilson und den neueren Soziobiologen etwas ganz Ähnliches statt wie zwischen *Darwin* und den späteren Darwinisten.
- 3) Natürlich haben die Soziobiologen durchaus recht, die biologische Basis menschlichen Handelns zu unterstreichen und der weiteren Forschung zugänglich zu machen. Schließlich hat die Verhaltensforschung an vielen erstaunlichen Details zeigen können, wie stark eine Reihe von Facetten menschlicher Kultur auf bestimmte angeborene, artspezifische Charakteristika bezogen sind. Unrecht hätte sie nur dann, wenn sie *alles* soziale und kulturelle Verhalten von der Biologie her bestimmen wollte⁶⁷. Trotz der verbleibenden Gen-Abhängigkeit des Menschen scheint es vielmehr so zu sein, daß – wie es der große Genetiker *Dobzhansky* formuliert hat⁶⁸ – es gerade zum *Spezifikum des Menschen* gehört, daß im Verlaufe seiner Evolution die Gene ihren Primat verlieren und an einen neuen, nichtbiologischen Faktor, die *kulturschöpferische Instanz*, dem Geist des Menschen abgetreten haben.

Schluß

Aus dem bisher Gesagten sollte deutlich geworden sein, daß der Begriff Darwinismus in der Soziologie mit größter Vorsicht zu verwenden ist.

- 1) Einerseits hat *Darwin* mit vielen Entwicklungen, die seinen Namen tragen, nicht viel gemein, außer eben den Namen. Im überwiegenden Teil der Fälle handelt es sich um ein Zurechtbiegen seiner Kategorien mit Hilfe des sozialwissenschaftlichen Systems von *H. Spencer*. Darwinismus ist also meist Spencerismus und *Darwin* ein Darwinist wider Willen⁶⁹. Viele spätere Mißverständnisse hätte er vermeiden helfen können, wenn er sich frühzeitig, ähnlich wie *Marx*, zu Wort gemeldet und erklärt hätte: „quant a moi, je ne suis pas darwiniste!“ Daß er trotzdem „Darwinist“ wurde, ist ein lebendiges Lehrstück für Paradigmabildung in der Wissenschaft. Die großen Wissenschaftssoziologen *Th. Kuhn* und *I. Lakatos* hätten ihre Freude daran.
- 2) Von Darwinismus ohne Einschränkungen zu sprechen, ist auch deshalb nicht möglich, weil es – wenn überhaupt – in der Soziologie nicht einen, sondern verschiedene Typen von Darwinismus gibt, die jeweils eine unterschiedliche Nähe zum *Darwinschen* Gedankengut aufweisen.

Wenn wir nun, wie das Generalthema dieser Vortragsreihe, nach der „Evolution der Evolution“ fragen, dann wird zumindest deutlich, daß die Soziologie mit zwei Aspekten der *Darwinschen* Evolutionstheorie ernst gemacht hat. Sie hat verschiedene *Variationen* von Darwinismus vorgelegt und ist mit seinem Gedankengut *selektiv* umgegangen. Ob das in jedem Fall auch immer eine *Evolution* (im Sinne von Fortschritt) war, läßt sich füglich bezweifeln.

Anmerkungen:

Für die Durchsicht des Manuskripts danke ich Herrn Dipl.-Soz. Karl Lenz.

- ¹ Freud, S.: Vorlesungen zur Einführung in die Psychoanalyse (1916–1917). In: Studienausgabe, Bd. I, Frankfurt 1969, 283 f.
- ² Dort verlangen nämlich die Fundamentalisten der „moral majority“, das Wort „Evolution“ aus den Lehrplänen zu streichen und Evolutionswissenschaft (evolution science) durch Schöpfungswissenschaft (creation science) zu ersetzen.
Haaf, G.: Darwin contra Genesis. Schöpfung oder Evolution? In Amerika muß ein Gericht entscheiden, ob die Bibel doch recht hat. In: DIE ZEIT vom 8. 1. 1982, No. 2, S. 9.
- ³ H. Becker etwa hält die Theorie der „organismic evolution“ für diejenige, die den größten Einfluß auf die historische Soziologie ausgeübt hat. Vgl. Historical Sociology. In: Contemporary Sociology, New York 1940, 498 f.
Obwohl R. A. Nisbet den theoretischen Zusammenhang bestreitet, muß er doch anerkennen, daß die außerordentliche Popularität der Darwinschen Schriften einen solchen Auslöserereffekt hatte. Vgl. Social Change and History. Aspects of Western Theory of Development. Oxford 1969, 161.
- ⁴ Hanks, F.: Artikel „Darwinism“. In: Encyclopedia of the Social Sciences (1931).
- ⁵ „Wir dürfen deshalb vertrauensvoll auch eine Zukunft von riesiger Dauer erhoffen. Und da die natürliche Zuchtwahl nur durch und für den Vorteil der Geschöpfe wirkt, so werden alle körperlichen und geistigen Gaben immer mehr nach Vervollkommnung streben.“ Die Entstehung der Arten (1859), Stuttgart 1967, 677.
- ⁶ Sahlins, M., Service, E. R.: Evolution and Culture, Ann Arbor, 1960, 6.
- ⁷ Hirst, P. Q.: Social Evolution and Social Categories. London 1976, 24.
- ⁸ Francis, E. K.: Darwins Evolutionstheorie und der Sozialdarwinismus. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 33 (1981) 2, 213. Er weist dabei auch darauf hin, daß „natural selection“ nicht mit „natürliche Auslese“, sondern mit „Auslese durch die Natur“ wiedergegeben werden müßte.
- ⁹ Darwin, Ch.: Die Entstehung der Arten, op. cit., 27. Hierin benützt er übrigens die gleiche Quelle, wie der fälschlicherweise als *Nachfolger* von Darwin geltende H. Spencer, der seinen Bevölkerungssessay und die Konzeption des „survival of the fittest“ 1852, d. h. 7 Jahre vor Darwin veröffentlichte. Vgl. Freeman, D.: The evolutionary theories of Charles Darwin und Herbert Spencer. In: Current Anthropology 15 (1974), 31.
- ¹⁰ Hirst, P. Q.: Social Evolution and Social Categories. London 1976, 20 f.
- ¹¹ Nisbet, R. A.: Social Change and History. Oxford 1969, 161.
Ähnlich ders.: Developmentalism: A Critical Analysis. In: McKinney, J. C., Tiryakian, E. A. (Eds.): Theoretical Sociology. Perspectives and Developments. New York 1970, 167–204, hier 170 ff.
Vgl. ebenso Bock, K. E.: Darwin and Social theory. In: Philosophy of Science 22 (1955) 2, 123–144.
- ¹² Von diesem schier unglaublichen Siegeszug der Darwinschen Theorie in der Wissenschaft zeugt die Beobachtung von Ellgård, daß im Jahre 1868 – also 9 Jahre nach Erscheinen des Darwinschen Hauptwerks – „nearly all men qualified to form an opinion“ sich zur Theorie der natürlichen Auslese bekannten.
Ellgård, A.: Darwin and the general reader. The reception of Darwin's theory of evolution in the British periodical press (1859–1872), Göteborg 1958, 57.

- ¹³ Vgl. *Bierstedt, R.*: The Social Order. 3rd ed. New York 1970, 68: „Evolution‘ became the key word in all intellectual inquiry and Darwin and Spencer were the key names of an era in the history of thought“.
- ^{13a} Vgl. *Popper, K.*: Die offene Gesellschaft und ihre Feinde, Bd. II, 260.
- ¹⁴ *Harris, M.*: The Rise of Anthropological Theory, London 1968, 107.
- ¹⁵ Dazu *Hofstadter, R.*: Social Darwinism in American Thought. 1st ed. New York 1944, VII. Mit Hinweis auf die calvinistischen Wurzeln von Sumner spricht er sogar von „säkularer Pietät“ (secular piety), 10.
- ¹⁶ Vgl. *Szacki, J.*: History of Sociological Thought. Westport 1979, 206 ff.
Koch, H. J.: Der Sozialdarwinismus, München 1973, 13 ff.
- ¹⁷ Vgl. *Marx, K.*: Das Kapital. 1. Aufl. Hamburg 1867, 324 u. 372. Wie sehr MARX von DARWIN fasziniert war, zeigt sich daran, daß er dessen „Origin“ ein Jahr nach dessen Erscheinen und noch einmal 1862 las, dann mit W. Liebknecht bei Thomas Huxley eine Vorlesungsreihe über Darwin besuchte und – wie Liebknecht berichtet – während Monaten über nichts anderes als über Darwin sprach. Vor allem bewunderte er dessen Materialismus und den Versuch, in den Naturwissenschaften ohne Teleologie auszukommen.
- ¹⁸ Vgl. *Colp, R.*: The contacts between Karl Marx and Charles Darwin. In: Journal of the History of Ideas, 35 (1974) 2, 335.
- ¹⁹ *Engels, F.*: Brief an K. Marx vom 12. Dezember 1859. Zit. nach *J. Passmore*: Der vollkommene Mensch. Eine Idee im Wandel von drei Jahrtausenden. Stuttgart 1975, 247.
- ²⁰ *Engels, F.*: Die Entwicklung des Sozialismus von der Utopie zur Wissenschaft (1891), Frankfurt 1946, 22 f. Er hat die Parallelität zwischen Darwin und Marx auch viel enger sehen wollen als Marx selbst.
- ²¹ Siehe Näheres bei *Runkle, G.*: Marxism and Charles Darwin. In: The Journal of Politics 23 (1961) 1, 108 – 126, hier 116.
- ²² Vgl. *Bock, K. E.* (Anm. 11) 72.
- ²³ Vgl. *Colp, R.* (Anm. 18) 337.
- ²⁴ Vgl. *Clark, L. L.*: Social Darwinism and French Intellectuals 1860 – 1975. University of North Carolina. ph. d. Thesis 1968, IV. Ähnlich *Merle Curti*: The Growth of American Thought. 2nd. ed New York 1943, 576. Demnach ist Sozialdarwinismus ein Name „loosely given to the application to society of the doctrine of the struggle for existence and survival of the fittest“.
- ²⁵ Die vielen anderen interessanten, für die Entwicklung der Soziologie wichtigen Bestandteil seiner Lehre können hier nicht dargestellt werden. Vgl. *Kellermann, P.*: Herbert Spencer. In: *Käsler, D.* (Hg.): Klassiker der Soziologie, Bd. I, München 1975, 193 ff.
- ²⁶ *Spencer, H.*: On social Evolution (ed. by J. O. Y. Peel), Chicago 1972, 45 f.
- ²⁷ Vgl. *Hirst* (Anm. 7) 28.
- ²⁸ *Spencer, H.*: Einleitung in das Studium der Soziologie, Leipzig 1896, Bd. 2, 180. (engl.: The Study of Sociology)
- ²⁹ Ebda. 181 ff. und 218.
- ³⁰ ... „they may fairly be regarded as the naturally elected agents of society for certain work. They get high wages and live in luxury but the bargain is a good one for society. There is the most intense competition for their place and occupation. This assures us that all who are competent for this function will be employed in it, so that the cost of it will be reduced to the lowest terms“. *Sumner, W. G.*: The challenge of facts and other essays. New Haven, Conn. 1914, 90.
- ³¹ Die funktionalistische Schichtungstheorie von K. Davis and W. E. Moore (Some Principles of Stratification, In: American Sociological Review 10 (1945) 242 ff.) nimmt in der soziologischen Diskussion bis heute einen prominenten Platz ein.

Den besten Überblick dazu bietet: *Huaco, G.*: Die funktionalistische Schichtungstheorie. In: *Mühlfeld, C./Schmid M.* (Hg.): Soziologische Theorie, Hamburg 1974, 505 – 531.

³² Essays of *William Graham Sumner* (ed. by A. G. Keller and M. Davie), 2 Vols., New Haven/Conn. 1940, hier: Vol 1, 185.

³³ *Carnegie, A.*: Wealth, In: *Wilson, R. J.*: Darwinism and the American Intellectual. A Book of Readings. Homewood/III. 1967, 124– 135. „We accept and welcome therefore, as conditions to which we must accomodate ourselves, great inequality of environment, the concentration of business, industrial and commercial, in the hands of a few and the law of competition between these, as being not only beneficial, but essential for the future of the race.“ (126).

³⁴ Vgl. *Tax, S., Kruckoff, L.*: Artikel „Social Darwinism“. In: International Encyclopedia of the Social Sciences, New York 1968, 404.

³⁵ Vgl. auch: *Francis, E. K.* (Anm. 8) 218.

³⁶ Wenn das Sozialdarwinismus ist, daß soziale Phänomene hauptsächlich durch Konflikt oder Wettbewerb erklärt werden, wie es fälschlicherweise noch Floyd N. House tut, dann wäre ein Großteil der modernen Soziologie tatsächlich sozialdarwinistisch geprägt. Vgl. *House, F. N.*: The Development of Sociology. New York 1936, 158.

³⁷ *Gumplowicz, L.*: Der Rassenkampf. Innsbruck 1883.

³⁸ *Ward, L.*: Reine Soziologie. Innsbruck 1907, Bd. 1, 40.

³⁹ Vgl. dazu *Bannister, R. C.*: Social Darwinism. Science and Myth in Anglo-American Social Thought. Philadelphia 1979, 249. Ähnlich schon sehr früh *Mumford, L.*: The Critics of Darwin. In: New Republic 53 (1928) 301 f.

⁴⁰ Die Auffassung von S. Tax u. a. ist daher auch abzulehnen, der Sozialdarwinismus sei nur eine kurzlebige Epoche von nur noch historischer Bedeutung gewesen. Vgl. *Tax, S. Kruckoff, L.*: Artikel „Social Darwinism“, op. cit. 402 u. 405.

⁴¹ Zit. nach *Koch, H. J.*: Der Sozialdarwinismus. Seine Genese und sein Einfluß auf das imperialistische Denken. München 1973, 91.

⁴² Ebda. 100 – 112.

⁴³ Im übrigen hat Ernest Barker so unrecht nicht, als er Nietzsches Rassenlehre als eine Kombination von Comte und Galton bzw. von Positivismus und Eugenik bezeichnete. Vgl. *Barker, E.*: Nietzsche and Treitschke. London 1914, 8.

⁴⁴ *Bowler, P.*: The Changing Meaning of Evolution. In: Journal of the History of Ideas 36 (1975) 1, 95 – 114, hier 109.

⁴⁵ *Bock, K. E.*: Darwin and Social theory. In: Philosophy of Science 22 (1955) 2, 130.

⁴⁶ Natürlich ist Darwin an dieser biologischen Analogie nicht ganz unschuldig, dadurch daß er den Prozeß des Wandels der Arten als einen schrittweisen bestimmte, der auf eine historische Sukzession schließen läßt.

⁴⁷ *Nisbet, R. A.*: Developmentalism (Anm. 11) 194 ff.

⁴⁸ R. K. Merton hat es so beschrieben: „Die Spannungen in einer Sozialstruktur, die sich infolge dysfunktionaler Folgen bestehender Elemente vergrößern, führen im Lauf der Zeit zu einem Zusammenbruch von Institutionen und damit zu grundlegenden sozialen Wandlungsvorgängen. Wenn dieser Wandel einen gegebenen, aber nur schwer bestimmaren Punkt überschritten hat, sprechen wir gewöhnlich von einem neuen sozialen System“. *Merton, R. K.*: Social theory and social structure. Glencoe/III. 1949, 42.

⁴⁹ *Firth, R.*: Elements of Social Organization. London 1951, 86.

⁵⁰ Vgl. *Parsons, T.*: The System of Modern Societies, Englewood Cliffs 1968.

⁵¹ *Sahlins, M. D.*: Culture and Environment. A Study of Cultural Ecology. In: *Manners, R., Kaplan, D.* (Eds.): Studies in Anthropology. London 1968, 367 – 373.

- ⁵² *White, L. A.*: The Evolution of Culture. New York 1959.
- ⁵³ Vgl. *Eisenstadt, S. N.*: Tradition, Change and Modernity. New York 1973.
- ⁵⁴ *Ward, L.*: Pure Sociology. New York 1903, 184.
- ⁵⁵ *Nisbet, R. A.*: Social Change and History. Aspects of the Western Theory of Development. New York 1969, 291. Für ihn gibt es nicht den leisesten Hinweis dafür, daß die Natur keine Sprünge machen könnte und damit das Kontinuitätsprinzip aus den Angeln heben könnte. Auch hierin liegt ein fundamentaler Unterschied zu Darwin, der das Leibniz'sche „natura non facit saltus“ zum allgemeinen Gesetz erhob.
- ⁵⁶ *Giesen, B., Lau, C.*: Zur Anwendung darwinistischer Erklärungsstrategien in der Soziologie. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 33 (1981) 229 f., hier 231.
- ⁵⁷ *Francis, E. K.*: (Anm. 8) 213.
- ⁵⁸ Vgl. *Lipp, W.*: Biologische Kategorien im Vormarsch. Herausforderungen und Aufgabe einer künftigen Soziologie. (Reden zur Zeit, 49), Würzburg 1980.
- ⁵⁹ *Wilson, E. O.*: Sociobiology. A New Synthesis. Cambridge/Mass. 1975; *ders.*: On Human Nature. Cambridge/Mass. 1978. Die Schärfe der Auseinandersetzungen gemahnt denn auch fatal an diejenige um Darwin selbst. Offenbar werden die alten Urängste, nunmehr gespickt mit den Erfahrungen des rassistischen Darwinismus (Typ 2) erneut freigesetzt.
- ⁶⁰ So zeigt *Petryszak, N.*: The Biosociology of the Social Self. In: The Sociological Quarterly 20 (1979) 291 – 303, daß die meisten klassischen Einführungstexte einem krassen Soziologismus huldigen, der nur die Abhängigkeit des einzelnen von der Gesellschaft zuläßt, sich aber gegen Ergebnisse anderer Wissenschaften versperrt.
- ⁶¹ *Janne, H.*: Biologie et Sociologie. In: Cahiers de l'Institut de l'Université Libre de Bruxelles (1980) 1, 50.
- ⁶² *Wilson, E. O.*: On Human Nature. Cambridge/Mass. 1978, 17. „Each living form can be viewed as an evolutionary experiment, a product of millions of years of interaction between genes and environment“, a.a.O. auch S. 38.
- ⁶³ Ebda. 2.
- ⁶⁴ Eine gut einführende Darlegung der Soziobiologie anhand von Beispielen gibt *Bogdany, F. J.*: Soziobiologie. Möglichkeiten und Grenzen der „Neuen Synthesis“. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 32 (1980) 312 – 324.
- ⁶⁵ Dabei ist aber die genetische Grundlage keineswegs der einzige Erklärungsaspekt, denn – so Wilson – die Entwicklung gleicht einem Ball, der einen steilen Abhang herunterrollt. Im oberen Teil ist der Weg weitgehend (genetisch) vorgezeichnet, im unteren, flacheren, von tiefen Rinnen durchzogenen Teil sind verschiedene Wege des Lernens und der kulturellen Ausformung möglich. *Wilson, E. O.* (Anm. 62) 63.
- ⁶⁶ *Giesen, B., Lau, C.*: Zur Anwendung darwinistischer Erklärungsstrategien in der Soziologie. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 33 (1981) 229 – 256.
- ⁶⁷ Zum Determinismus-Vorwurf vgl. u. a. *Frankel, C.*: Sociobiology and its Critics. In: Zygon 15 (1980) 3, 255 – 274.
- ⁶⁸ *Dobzhansky, T.*: Anthropology and the Natural Sciences: The Problem of Human Evolution. In: Current Anthropology 4 (1968): 146 – 148, hier 147.
- ⁶⁹ Vgl. *Bannister; R. C.* (Anm. 39) ff.; ähnlich *Francis, E. K.* (Anm. 8) 224.

CHRISTLICHER GLAUBE UND EVOLUTIONISTISCHES WELTBILD

„Entwicklung: So lautet der große Grundgedanke der wissenschaftlichen Welterklärung“¹. Diesem Gedanken zum Durchbruch verholfen zu haben, ist sicherlich ein Verdienst von Ch. R. Darwin. Die hundertste Wiederkehr seines Todestages ist deshalb auch Anlaß genug für diese Vortragsreihe. In einigen bisherigen Vorträgen bestand auch schon Gelegenheit zu Hinweisen darauf, daß sich die christliche Theologie aller Konfessionen von der Entwicklungstheorie, die sich in den Naturwissenschaften sehr schnell durchgesetzt hat, herausgefordert fühlte, da diese Theorie mit christlichen Grundauffassungen zunächst nicht oder nur schwer vereinbar zu sein schien. Aber was die Theologen an der Evolutionstheorie wirklich gestört hat und vielleicht auch heute noch stört, läßt sich wohl kaum noch mit jener Frage zum Ausdruck bringen, die Bischof Wilberforce an Th. Huxley gerichtet hat, ob er denn über die großmütterliche oder über die großväterliche Linie mit einem Affen verwandt sei. Was die Theologen heute eigentlich interessiert im Zusammenhang mit der Entwicklungslehre, ist auch nicht das, was z. Zt. in den USA Gegenstand eines Gerichtsverfahrens ist.

Nach einem Bericht aus „Die Zeit“² wollen Vertreter der sog. „creation science“ festgestellt haben, daß den Schülern in einigen Bundesstaaten neben dem naturwissenschaftlichen Weltbild auch gelehrt werden muß, daß das „Weltall, Erde und Mensch im Jahre 4004 v. Chr. von einem ‚Originator‘ (das Wort ‚Gott‘ wäre ja ein Verstoß gegen die amerikanische Verfassung) in 6 Tagen so erschaffen wurde, wie sie sich noch heute darbieten; folglich der Mensch weder mit Affen noch sonstigen Lebewesen ‚verwandt‘ ist, sondern direkt von Adam und Eva abstammt; alle Fossilien und sonstigen Beweise für eine Jahrmilliarden währende Evolutionsgeschichte bloß Folge der Sintflut sind – und die hat, glaubt man der Bibel, nur 150 Tage gedauert; alle heute lebenden Tier-, Pflanzen- und Mikrobenspezies – etwa vier Millionen – unveränderte Nachfahren jener Kreaturen-Paare sind, die in Noahs Arche gerettet wurden. Es muß ein fürchterliches Gedränge geherrscht haben, denn die Arche hatte lt. Gen 6–8 nur drei Decks“.

Wenn, wie gesagt, die in dieser Position vertretenen Auffassungen auch keineswegs die Fragen und Probleme darstellen, die die neuere Theologie beschäftigen (unter den Prozeßgegnern der sog. „creation science“ befinden sich Theologen und Kirchenführer verschiedener Konfessionen), so können wir uns anhand dieser Position doch ganz gut verdeutlichen, welche Neuorientierungen im Zusammenhang mit der Evolutionstheorie notwendig geworden waren. Es ist einmal die Entdeckung der zeitlichen Dimension. J. Ratzinger hat in einem Aufsatz aufgezeigt, wie verbreitet noch um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die Auffassung war, das Alter der

Menschheit belaufe sich auf etwa 6000 Jahre. Die Notwendigkeit aufgrund der Entwicklungstheorie mit um ein Vielfaches größeren Zeiträumen zu rechnen, tangiert den Menschen noch viel stärker als die durch die moderne Astronomie geschehene Ausweitung des physikalischen Raumes. „Das Grundverständnis des Wirklichen wandelt sich: Werden tritt an die Stelle von Sein, Entwicklung an die Stelle von Schöpfung, Aufstieg an die Stelle von Fall“³. Ein weiterer Punkt, in dem die Evolutionstheorie zum mindesten einem bis dahin üblichen Verständnis des biblischen Schöpfungsglaubens entgegensteht, ist die Annahme, daß die Tier- und Pflanzenarten nicht von vorneherein in der heute existierenden Form da gewesen sind, sondern sich nach und nach entwickelt haben. Die bis dahin angenommene Konstanz der Gattungen und Arten ist aufgrund der Entdeckungen, die zur Ausbildung der Evolutionstheorie geführt haben, nicht mehr haltbar. Die Ausweitung des Entwicklungsgedankens zu einer allgemeinen Theorie der Welterklärung führte schließlich auch zu der Auffassung, daß die gesamte materielle Wirklichkeit das Ergebnis ständiger Veränderungen und Entwicklungen darstellt und daß dieser Prozeß immer noch im Gange ist.

Diesen neuen Auffassungen und Theorien stand sicher ein weithin übliches Verständnis der Schöpfertätigkeit Gottes entgegen. Das erklärt die anfängliche Ablehnung dieser Lehre durch die Theologie und eine lange Zeit durchgehaltene Skepsis bei einer großen Anzahl von Theologen bis in unser Jahrhundert⁴. Trotzdem gab es schon sehr bald eine Reihe von Theologen, die erkannten, daß sich die Evolutionstheorie auf Tatsachen stützte. Sie suchten deshalb sicher auch im Bewußtsein jener Erfahrungen, die man im Zusammenhang mit dem Fall Galilei gemacht hatte, nach Wegen, gesicherte naturwissenschaftliche Erkenntnisse mit den Erfordernissen des Glaubens in Einklang zu bringen. So konnten aufgrund einer vertieften Hermeneutik jene durch die Evolutionstheorie unhaltbar gewordenen Meinungen über das Alter der Welt und der Menschheit sowie über die Konstanz der Arten aufgegeben werden ohne Unredlichkeit gegenüber den biblischen Aussagen. Denn schon die Tatsache, daß die Genesis zwei Schöpfungsberichte enthält, macht ja darauf aufmerksam, daß es in der Bibel offenbar nicht um das Wie und Wann der Schöpfung geht, sondern vor allem um das Daß. Die Darstellung des Ablaufs der Schöpfung z. B. im Verlauf einer Woche ist offenbar ein literarisches Stilmittel. Mit ihm mögen sich auch bestimmte theologische Anliegen verbinden; es ist aber sicherlich nicht gedacht als Schilderung, wie es tatsächlich geschehen ist.

Eine weitere Einsicht, die hier hilfreich war, ist die schon in der alten Kirche (z. B. von Augustinus) vertretene Ansicht, daß es nicht die Absicht der Bibel sein könne, uns über naturwissenschaftliche und ähnliche Fragen zu unterrichten, sondern daß es in der Schrift vor allem um das Verhältnis des Menschen zu Gott geht. Deshalb sind die Schriftaussagen auch immer unter diesem Aspekt zu sehen; wichtig ist, was sie dazu sagen, unabhängig davon, was zu naturwissenschaftlichen und sonstigen Problemen die Meinung der jeweiligen biblischen Autoren gewesen sein mag. Das Zweite Vatikanum hat diesen hermeneutischen Grundsatz deutlich ausge-

sprochen; es sagt damit aber etwas, was der Sache nach schon lange bekannt war, wenn es auch vielleicht nicht immer genügend beachtet worden ist. Demnach hat das als von der Bibel gelehrt Wahrheit zu gelten, was „Gott um unseres Heiles willen in heiligen Schriften niedergelegt haben wollte“⁵. Damit ist das allgemeine Prinzip genannt, das eine gewisse Gelassenheit im Hinblick auf naturwissenschaftliche Feststellungen möglich macht auch dann, wenn sie dem Wortlaut der Bibel und der Glaubensausagen entgegenstehen, die im Kontext eines früheren Weltbildes formuliert worden sind.

Im Zusammenhang unseres Themas mag es interessant sein, auch auf die, soweit ich feststellen konnte, einzige offizielle Äußerung eines Papstes zur Evolutionstheorie hinzuweisen. Pius XII. hat 1950 in der Enzyklika „*Humani generis*“ sehr vorsichtig gemeint, die Entwicklungslehre könne entsprechend dem heutigen Stand der Profanwissenschaften und der Theologie auch im Hinblick auf einen möglichen Ursprung des menschlichen Leibes aus schon vorliegender und belebter Materie erörtert werden⁶. Deutlicher und insgesamt positiver waren aber die Äußerungen einzelner Theologen zum Teil schon lange vor der genannten Enzyklika. So hat beispielsweise der schon erwähnte H. Schell die Evolutionstheorie als einen echten Fortschritt in der Welterklärung begrüßt. Er bemerkt, es sei ein gewaltiger Gedanke, das gesamte Weltall, aber auch die Fülle der Gattungen und Arten im Pflanzen- und Tierreich als Ergebnis einer aus einfachsten Anfängen fortschreitenden Entwicklung zu denken. In dieser Sicht ist die Welt nicht mehr die fabrikmäßige Wiederholung und Fortsetzung von ein für allemal festgesetzten Artformen; sie ist vielmehr zur bedeutungsvollen Geschichte geworden. „Die Welt erscheint als das Ergebnis ihrer eigenen Geschichte“⁷.

Nach einem so ausführlichen Aufweis, daß christlicher Glaube und die seine Interessen wahrende Theologie eigentlich keinen Grund haben, sich der Evolutionstheorie zu widersetzen, könnte man sich fragen, ob das Thema unseres heutigen Vortrags nicht überflüssig sei; man könnte sich auch fragen, ob alle aus dem Glauben kommenden theologischen Einwände gegen die Entwicklungslehre nichts anderes als Reflexe einer verfehlten Schriftexegese seien. Aber wie wir sehen werden, liegen die Dinge so einfach nun doch nicht. Und bei allem Bemühen der Theologie (sicher auch auf Grund früherer schlechter Erfahrungen), unerlaubte Grenzüberschreitungen hin zu den Naturwissenschaften zu vermeiden, wird sich zeigen, daß gerade die evolutionistische Sicht der Welt nach wie vor ernste Fragen an den christlichen Glauben stellt, daß aber auch umgekehrt sich aus der Sicht des Glaubens Fragen an die Naturwissenschaften ergeben, ob sie sich immer der ihren Disziplinen gezogenen Grenzen bewußt sind. Wir können uns das hier Gemeinte anhand der schon genannten Autoren, also anhand von Aussagen H. Schells und J. Ratzingers verdeutlichen.

Wir hatten gesehen, daß H. Schnell den Entwicklungsgedanken selber als Prinzip der Welterklärung lebhaft begrüßt hat. Dieser Gedanke lag ganz auf der Linie seiner eigenen philosophischen und theologischen Grundanschauungen, wonach das wahre Sein als Wirksamkeit, Kraftent-

faltung und hervorbringende Ursächlichkeit zu verstehen ist. Die Vorstellung, daß die Entwicklung zur Entstehung des Besseren, Tüchtigeren und Vollkommeneren führt, hält er für eine der in der Welt sich abspielenden Vorgänge durchaus angemessene Auffassung, die eine tiefere Erkenntnis der Welt enthält als die überkommenen Meinungen. Dennoch kann er sich mit den Prinzipien oder den Gesetzen, die nach dem klassischen Darwinismus die Evolution bewirken und lenken, nicht zufrieden geben. Die Art und Weise, in der dort der Kampf ums Dasein und die Selektionstheorie eingesetzt werden, erklärt seiner Meinung nach nicht, was erklärt werden muß. Er lehnt einmal das dahinterstehende mechanistische Verständnis ab. Wörtlich: „Nur jene Entwicklungstheorie wird von uns bekämpft, welche ausschließlich mechanische Ursachen gelten läßt und eine gedanken- und zwecklose Entwicklung behauptet, die gleichwohl durch ein chaotisches Spiel zu der bestehenden Gesetzmäßigkeit geführt haben soll“⁸. Damit hängt eng die Vorstellung zusammen, daß die Ergebnisse der Entwicklung sich dem Spiel des Zufalls verdanken, was aber im Grunde nichts erklärt. Deshalb meint Schell, daß die Entwicklungslehre geradezu mit Notwendigkeit zur Annahme der Schöpfung führen müsse, da alle Voraussetzungen und Kräfte, mit denen die Evolutionstheorie rechnet, nicht aus sich selbst verständlich sind, sondern einen hinreichenden Erklärungsgrund verlangen, der aber nur in der freien Tat des Schöpfers gefunden werden kann. So ist denn das Ergebnis seiner Ausführungen: „Entwicklung auf Grund von Schöpfung“⁹.

Ich kann hier nicht all die verschiedenen Vorstellungen wiedergeben, die innerhalb der Naturwissenschaften erdacht worden sind, um den Gang der Entwicklung zu erklären. Dennoch scheint es, daß der Gedanke einer diese Evolution beherrschenden und lenkenden Kausalität und Teleologie naturwissenschaftlich eine Reihe von Schwierigkeiten macht. Im „Spiegel“¹⁰ wurde über ein Buch von G. Bylinsky (*Life in Darwin's Universe. Evolution and Cosmos*, New York) berichtet, in dem die Meinung vertreten wird, es sei durchaus möglich gewesen, daß sich Fledermäuse, Vögel oder Insekten zu vernunftbegabten Wesen weiterentwickelt hätten. Daß sich ausgerechnet auf Bäumen herumtornende Affenwesen in Jahrmillionen zum *Homo sapiens* hochgemeldet haben, sei reiner Zufall gewesen. Ich weiß nicht, ob das wirklich ernst zu nehmen ist und erwähne es hier mehr der Kuriosität wegen. Aber immerhin hat ein so bedeutender und angesehener Wissenschaftler wie der Franzose J. Monod die Meinung vertreten, die Evolution beruhe auf dem Zufall; es lasse sich jedenfalls keine Zielgerichtetheit im Verlauf der einzelnen Stadien der Entwicklung nachweisen. Aber wie auch immer die Erklärungsversuche der Naturwissenschaften für die sicherlich nicht zu bestreitende Tatsache einer allgemeinen Entwicklung aussehen mögen, daß die Annahme eines göttlichen Schöpfers im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Systems keinen Platz haben kann, ergibt sich schon aus dem Grundansatz dieser Weltbetrachtung. Obwohl der christliche Glaube die Welt und alles, was es in ihr gibt, als letztlich von Gott geschaffen ansieht und (will er sich nicht selbst aufgeben) ansehen muß, braucht er die relative Berechtigung und Fruchtbar-

keit der naturwissenschaftlichen Theorien im Rahmen der gemachten Grundannahmen nicht zu bestreiten. Auch die Art und Weise, in der H. Schell seinerzeit meinte, den Intentionen der Evolutionstheorie am besten dadurch gerecht werden zu können, daß er sie von der freien Schöpfertätigkeit Gottes her zu begründen versuchte, läßt sich vielleicht noch ein wenig zurücknehmen, ohne dadurch die Belange des Glaubens ungebührlich zu verkürzen. In eine solche Richtung scheint mir jedenfalls der Aufsatz von J. Ratzinger zu weisen.

Ausgangspunkt seiner Überlegungen ist, daß Schöpfungsglaube und Evolutionstheorie nicht als konkurrierende Systeme verstanden werden dürfen, sondern daß sie Antworten zu geben versuchen auf verschiedene Fragestellungen, daß es sich bei ihnen darüber hinaus um zwei verschiedene Denkweisen handelt. Dabei anerkennt Ratzinger, daß die Evolutionstheorie den Schöpfungsglauben nicht in sich aufnehmen kann. Er meint aber, daß umgekehrt die Frage, die der Schöpfungsglaube zu beantworten sucht, eine Frage ist, die der Mensch auch unter den Gegebenheiten des modernen naturwissenschaftlichen Weltbildes stellt, daß sie aber nicht im Rahmen eines rein naturwissenschaftlichen Systems beantwortet werden könne. Der Schöpfungsglaube fragt, warum überhaupt etwas ist und nicht nichts; der Entwicklungsgedanke fragt dagegen, warum gerade diese Dinge sind und nicht andere, woher sie ihre Bestimmtheit erlangt haben und wie sie mit anderen Dingen zusammenhängen. Wörtlich: „Der Schöpfungsglaube betrifft die Differenz zwischen nichts und etwas, der Entwicklungsgedanke hingegen die zwischen etwas und etwas anderem. Schöpfung charakterisiert das Sein als Ganzes als Sein von anderswoher, Entwicklung hingegen beschreibt den inneren Bau des Seins und erfragt das spezifische Woher der einzelnen seienden Wirklichkeiten.“ Zwar betont auch Ratzinger, daß das Dasein von überhaupt etwas letztlich nur aus der Annahme der Schöpfertätigkeit Gottes verstehbar wird. Die Vereinbarkeit dieses Glaubens an den Schöpfergott mit der Evolutionstheorie gewinnt er dadurch, daß er die evolutive Weltbetrachtung als Schritt hin zu jener positiven Form der Wissenschaften ansieht, die sich bewußt auf das Gegebene, Faßbare, dem Menschen Nachprüfbares beschränkt. Sicher gibt es heute Tendenzen, die das Nachdenken über den eigentlichen Grund der Wirklichkeit als unfruchtbar aus dem Bereich der Wissenschaften ausklammern möchten¹¹. Macht man sich aber diese Selbstbeschränkung bewußt, dann wird man von daher kaum über die Berechtigung anderer Fragestellungen definitiv urteilen dürfen.

Nehmen wir die eben gegebene Charakteristik als den entscheidenden Unterschied zwischen der naturwissenschaftlichen Frage und der Art und Weise an, in der der Glaube fragt, dann besteht in der Tat kein unüberbrückbarer Gegensatz, wenn nur immer die Eigenart und die Grenzen der jeweiligen Sicht der Dinge beachtet werden. Allerdings möchte ich hier auch nicht verschweigen, daß von der Antwort des Glaubens aus die Vorstellung einer Entwicklung, die sich rein zufällig vollzieht und deren Verlauf keinerlei Teleologie unterworfen ist, aber doch zu äußerst komplizierten, in sich sinnvollen und funktionsfähigen Gebilden kommt, schon sehr

sonderbar ist. Hier mögen sich auch aus der Wahrscheinlichkeitsrechnung und aus der Philosophie manche Fragen ergeben. Aber wiederum: Die Evolution als Durchführung eines göttlichen Planes, des göttlichen Schöpfungsgedankens zu verstehen, liegt sicherlich außerhalb der Möglichkeiten des naturwissenschaftlichen Ansatzes. Ein solcher Gedanke mag dem Glauben entsprechend sein; er wird für ihn eine Art spontaner Sympathie empfinden. Dennoch wird sich der Gläubige hier auch zur Ordnung rufen lassen müssen und das beachten, was sich wissenschaftlich über den tatsächlichen Verlauf der Entwicklung feststellen läßt. Sie ist keineswegs einlinig verlaufen; es hat in ihr Sackgassen und Umwege gegeben; selbst Rückbildungen sind feststellbar¹². Das alles läßt sich natürlich mit einem vordergründigen Verständnis von Teleologie nicht vereinbaren, und hierin mag dann auch die Ablehnung begründet sein, im Verlauf der Entwicklung überhaupt so etwas wie die Durchführung eines vorgegebenen Planes oder die Erreichung eines Zieles aufzuweisen.

An dieser Stelle muß sicher auch etwas gesagt werden zu einem Naturwissenschaftler und christlichen Theologen, zu P. Teilhard de Chardin, der wohl wie kein anderer Theologe den Entwicklungsgedanken aufgegriffen und zur Mitte auch seiner philosophisch-theologischen Überlegungen gemacht hat¹³. Eine wesentliche Frage für Teilhard war die Stellung des Menschen in einer Welt, die sich in ständiger Entwicklung befindet. Auf dem Hintergrund der neuen Erkenntnisse über die Größe und das Alter des Kosmos ist das Auftreten des Menschen ein eher unerhebliches Phänomen; etwas Schimmel auf der Haut eines kleinen Planeten, der um eine mittelmäßige Sonne kreist. Dennoch stellt der Mensch unter den sonst existierenden Dingen etwas ganz Besonderes dar, und zwar auf Grund seines Selbstbewußtseins und seiner Freiheit. Auf Grund seines Selbstbewußtseins ist er in gewisser Weise dem Universum koexistent; denn er kann seine Interessen auf alles richten, was es gibt. Seine Freiheit ist fast ebenso unbegrenzt, da er nicht nur den Bereich seiner Erkenntnisse ständig erweitern, sondern auch seine Macht und Herrschaft über die Natur immer weiter ausdehnen kann. Dabei erfährt er sich einmal als Teil der Welt und der Natur; er ist ihren Gesetzmäßigkeiten unterworfen wie alles andere auch. Er kann sich aber zum anderen auch bewußt der Welt und der Natur entgegensetzen und erfährt sich so als anders im Vergleich mit der ihn umgebenden Welt. Zwar war sich der Mensch dieser seiner Sonderstellung schon immer bewußt, und er hat sich auch immer wieder darum bemüht, diese seine Verfaßtheit und die daraus folgende besondere Situation zu bestimmen und zu erklären. Hier haben die Philosophie und die Theologie bzw. die Religionen immer eine ihrer wesentlichen Aufgaben und Funktionen gesehen. Teilhard dagegen geht es zunächst einmal um eine naturwissenschaftliche Erklärung des Phänomens Mensch, und zwar auf dem Hintergrund all der Fakten, die die Wissenschaften entdeckt haben und mit Hilfe jener Theorien, mit denen sie diese Fakten gedeutet haben. Diese von ihm versuchte Erklärung soll für den ganzen Menschen gelten, also nicht nur seinen Leib, sondern auch seinen Geist bzw. sein Selbstbewußtsein einbeziehen.

Wenn der Ort des Menschen im Universum bestimmt werden soll, kann man von unten beginnen, also bei der Materie und dann bis zum Menschen hinaufsteigen. Man kann aber auch den Menschen als Bezugspunkt nehmen und dann bis zur Ebene der Materie hinabsteigen. Teilhard entscheidet sich für die letztgenannte Möglichkeit, weil die andere in den Wissenschaften zwar weithin übliche Sicht seiner Meinung nach zu keinen befriedigenden Ergebnissen geführt hat. In dieser Perspektive wäre das erstaunlichste Phänomen, das es in der Welt gibt, nur eine Anomalie bzw. eine Nebensächlichkeit. Geht man aber vom Menschen aus, dann ist er das zentrale Datum, auf das die ganze Entwicklung letztlich ausgerichtet ist. Das heißt nicht, daß diese Entwicklung in jedem Schritt ihres Ablaufs direkt auf dieses Ziel ausgerichtet sei. Aber in einer globalen Betrachtung zeigt sich doch, daß es faktisch zum Entstehen immer komplexerer Strukturen und zum Wachsen des Psychismus gekommen ist. Tatsächlich ist also die Evolution trotz aller Irr- und Umwege, trotz aller Stagnation und Rückschritte doch in Richtung auf den Menschen verlaufen. Teilhard bestreitet also keine Fakten, die belegbar sind; er leugnet nicht, daß die physischen und geistigen Phänomene auftreten im Kontext komplexer materieller Gebilde (Gehirn und Nervensystem). Aber durch die Umkehr der Perspektive wird nun das, was zunächst als das Normale galt, zu einer vorbereitenden Stufe und zu einem vorläufigen Zustand und, was als Sonderfall oder Nebenprodukt galt, wird nun zu der zentralen Sache, um die es letzten Endes geht.

Obwohl Teilhard die Frage nach der Stellung des Menschen im Kosmos zunächst als naturwissenschaftliches Problem ansieht und auf dieser Ebene lösen will, muß er nun doch zwei Extrapolationen vornehmen, die sich naturwissenschaftlich nicht beweisen lassen. Sie können also nur als Arbeitshypothesen gelten, deren Wert sich indirekt daraus ergeben muß, was sie zu einer kohärenten Erklärung der Welt unter Einschluß des Menschen leisten oder auch nicht. Die eine Extrapolation bezieht sich auf die Vergangenheit. Wenn der Mensch in der eben dargestellten Weise tatsächlich das Zentrum des Kosmos ist, dann muß schon der Materie eine Art von Innerlichkeit zugeschrieben werden, dann muß der Psychismus immer schon in gewisser Weise in ihr angelegt und gegenwärtig sein. Unter einer solchen Voraussetzung ist dann die vorgetragene Sicht des Evolutionsprozesses als eines Verlaufs, der im Menschen seinen Höhepunkt erreicht hat, durchaus konsequent und logisch. Wenn aber die Wirklichkeit insgesamt als sich entwickelnd verstanden werden muß, dann stellt sich natürlich auch die Frage nach dem weiteren Verlauf der Evolution. Und auf die Zukunft bezieht sich die zweite Extrapolation, die Teilhard vornimmt. Genauerhin geht es dann um die Frage, ob der Mensch in der Weise, wie er hier und jetzt existiert, als endgültiger Höhepunkt oder als Endpunkt der Evolution gelten kann, oder aber, ob man ihn allenfalls als den vorläufigen Höhepunkt ansehen darf. In einer evolutiven Sicht der Wirklichkeit wird ernsthaft nur die zweite Möglichkeit angenommen werden können. Dann aber gibt es wiederum zwei Möglichkeiten. Entweder wird die Entwicklung ein noch höheres Lebewesen als den Menschen hervorbringen

oder aber die weitere Entwicklung verläuft innerhalb der heutigen Spezies Mensch. Teilhard meint letzteres annehmen zu dürfen, und zwar aufgrund einer Analyse dessen, was in unserer Welt vorgeht.

Dieser künftige Weg der Menschheit, der auf eine letzte Vollendung hingtendiert, wird gekennzeichnet sein durch fortschreitende Vereinheitlichung und Verinnerlichung, durch das unlösbare Wechselspiel von sich steigernder Einmütigkeit, von wachsender Liebe, von wachsendem kollektiven Bewußtsein und daraus entspringender kooperativer Welt- und Selbstgestaltung. Noch steht die Menschheit am Beginn dieses Prozesses; noch steht alles der Gestaltung offen. Dennoch ist dieser Raum strukturell begrenzt in der Zukunft durch einen Zustand maximaler Konzentration und Reflexion. Aufgrund der bisherigen Entwicklung und aufgrund der Beobachtung dessen, was sich in der heutigen Menschheit tut, meint Teilhard, alles strebe letztlich zu einem Pol der Vereinigung, in welchem die kosmische Evolution der Einswerdung ihre Aufgipfelung in der kollektiven wie individuell personalen Vollendung der Menschheit erfahren wird¹⁴. Was Teilhard erwartet, ist also eine Art Übermenschheit, in der das individuelle Selbstbewußtsein der Person (die höchste bisher erreichte Stufe der Evolution) zwar nicht einfach ausgelöscht, aber doch aufgehoben ist in der Sozialisation der Menschheit; in ihr wäre der Höhepunkt der Einheit und des Bewußtseins erreicht. Den Punkt, auf den die Evolution hingtendiert, nennt er den „Punkt Omega“, der dann wiederum mit der Parusie Christi identifiziert wird.

Spätestens hier wird deutlich, daß es Teilhard nicht nur um eine naturwissenschaftliche Frage ging. Er bemühte sich auch um eine theologische Deutung der wissenschaftlich festgestellten Fakten bzw. um eine theologische Konzeption, die den wissenschaftlichen Erkenntnissen entsprach. Er fand am Glauben und an der Theologie unbefriedigend, daß sie vor allem auf die Vergangenheit ausgerichtet waren. Er wollte den Zukunftsbezug des Glaubens aufweisen und meinte, daß das Bemühen der Theologie vor allem auf die Zukunft gerichtet sein müsse. Das alles hat Anhaltspunkte in der biblisch christlichen Tradition. Denn schon im Neuen Testament (im Eph-Brief und im Kol-Brief) finden sich Ansätze einer den Kosmos einbeziehenden Christologie, und die Hoffnung der Christen richtet sich auf die Wiederkunft Christi und die Vollendung der gesamten Schöpfung. Es ist von daher sicherlich nicht unmöglich, das Christentum als eine Religion der Evolution zu beschreiben und zu verstehen. Teilhard griff in diesem Zusammenhang die alte theologische These auf, daß die Menschwerdung des Sohnes Gottes letztlich (also auch unabhängig vom Sündenfall) Sinn und Zweck der Schöpfung gewesen sei. In dieser Perspektive wurde für ihn Christus zum Garanten dafür, daß dieses Ziel der menschlichen Phase der Evolution, das in Freiheit vollzogen werden muß, tatsächlich erreicht werden kann. Die Kraftquelle jener Energie, die den Entwicklungsprozeß vorantreibt, so meinte Teilhard, besteht in der Person Jesu Christi, dessen Wiederkunft die Christen glaubend erwarten. Sie ist auch jener Schlußpunkt, der Punkt Omega, auf den die Evolution hingtendiert.

Diese Konzeption ist lebhaft begrüßt, aber auch heftig kritisiert worden. Sie enthält sicher auch theologisch manches Unbewiesene und Unbeweisbare. Unabhängig aber von der Frage nach der Begründbarkeit seines Entwurfs bleibt wichtig, daß hier hingewiesen wird auf die Frage, die die Theologie vor allem interessiert und zu interessieren hat: die Stellung des Menschen in der Welt und das Selbstverständnis des Menschen, das sich aus den möglichen Antworten auf diese Frage ergibt. Teilhard hat versucht, den christlichen Glauben an den Schöpfergott und an die Vollendung der Welt und des Menschen im Horizont des modernen wissenschaftlich geprägten Weltbildes neu zu interpretieren. Daß sein Entwurf nicht alle hier auftauchenden Probleme überzeugend gelöst hat, wird man ihm nicht vorschnell vorwerfen dürfen. Daß er aber auf eine seit langem anstehende Aufgabe aufmerksam gemacht hat, ist unbestreitbar. Denn der Zustand eines friedlich schiedlichen Nebeneinanders von Naturwissenschaft und Theologie ist auf die Dauer sicherlich nicht befriedend. Die Theologie vertritt die Glaubensüberzeugung, daß Gott die Welt und alles in ihr geschaffen hat und daß er diese Welt einer ewigen Vollendung zuführen wird, während sie die Frage nach dem Wie den Naturwissenschaften überlassen muß, die sie aber unter einer methodischen Fragestellung behandeln, durch die Gott von vornherein ausgeschlossen ist; er kann hier gar nicht aufscheinen. Ich sehe hier für absehbare Zeit keinen wirklich gangbaren Weg, der von diesem Nebeneinander zum Miteinander führen könnte.

Was die Theologie in dieser Situation zu vertreten hat, ist das Mehr, das mit dem menschlichen Selbstbewußtsein und mit seiner Freiheit gegeben ist. Es ist sicher nicht einfach (das Beispiel Teilhards zeigt es m. E. deutlich), das zu tun unmittelbar im Rahmen der naturwissenschaftlichen Konzeptionen. Ebenso zeigen einschlägige Überlegungen von K. Rahner¹⁵, daß naturwissenschaftliche Deutungen nur dann in theologische Überlegungen aufgenommen werden können, wenn ihnen „theologische Korsettstangen“ verpaßt werden. Gewiß darf die Theologie nicht an überholten Vorstellungen festhalten, und sie braucht das auch nicht. Aber ebenso deutlich muß sie nun auch sagen, daß das, was sie zu vertreten hat, in gewisser Weise immer wieder die Plausibilitäten unterbricht und in Frage stellt, mit denen wir uns alle häufig gerne zufrieden geben. Jenes „Mehr“, das die Theologie zu vertreten hat, fällt sachlich mit der Glaubensüberzeugung zusammen, daß der Mensch in besonderer Weise als Geschöpf Gottes angesehen werden muß und daß seine spezielle Ausstattung ihm eine Unmittelbarkeit zu Gott ermöglicht, die es sonst nicht gibt. Wenn deshalb die Theologie von einer besonderen Erschaffung des Menschen redet, dann bedeutet das nach Ratzinger (im Kontext eines evolutiven Weltbildes) nicht, daß nun der Geist als eine zweite Substanz zur Materie hinzuträte, sondern daß der Mensch in spezifischer Weise von Gott gewollt ist, und zwar nicht als ein Wesen, das einfach da ist, sondern als ein Wesen, das ihn kennt, nicht nur als ein Gebilde, das Gott gedacht hat, sondern als Existenz, die ihn wieder denken kann¹⁶. Und darin gründet auch letztlich die personale Würde des Menschen.

Wurde eben festgestellt, daß die Evolutionstheorie und der Schöpfungsglaube auf je verschiedene Fragestellungen eine Antwort geben wollen, dann können wir nun noch einen weiteren Unterschied herausstellen. Die Naturwissenschaften, die mit Hilfe ihrer Theorien das Entstehen der einzelnen Gattungen und Arten erklären und in dieser Weise auch das Auftreten des Menschen darlegen, müssen von ihren Grundannahmen und Methoden her alles „quantifizieren“. Im Rahmen der Entwicklungslehre wird es dann darauf ankommen, den ganzen Prozeß in möglichst kleine Schritte zu unterteilen oder den Gang der Entwicklung an Hand möglichst vieler Zwischenglieder zu demonstrieren. In einer solchen Sicht unterscheiden sich die einzelnen Glieder einer Kette aber nur quantitativ, also aufgrund ihrer größeren oder geringeren Komplexität oder Leistungsfähigkeit. Wird nun der Mensch mit einbezogen in diese Sicht, wird er auch im Hinblick auf sein Selbstbewußtsein und seine Freiheit nur als Naturwesen betrachtet, dann unterscheidet er sich von den Tieren allenfalls aufgrund quantifizierbarer Größen wie Komplexität des Gehirns, größere Leistungsfähigkeit im Gebrauch von Werkzeugen, Klarheit und Bestimmtheit seines Selbstbewußtseins und die Möglichkeit, die ihn umgebende Welt umfassender zu erkennen. Nun gibt es aber bei allem, was der einzelne, aber auch bestimmte Gruppen von Menschen können, was ihnen konkret möglich ist, beträchtliche Unterschiede. In einem solchen Kontext ist es dann durchaus möglich, zwischen einem hochentwickelten Primaten und einem auf primitiver Kulturstufe lebenden Menschen einen geringeren Unterschied zu konstatieren als zwischen diesem und einem hochgebildeten, über große und umfassende Kenntnisse verfügenden Menschen, der innerhalb einer hochentwickelten Kultur und Zivilisation lebt.

Dem gegenüber wird die Theologie auf einem qualitativen Unterschied zwischen dem Menschen ganz gleich, auf welcher Kulturstufe er lebt, und noch so hochentwickelten Tieren bestehen. Dieser qualitative Unterschied mag nicht bestimmbar sein, wenn man nur auf die Fertigkeiten im Gebrauch von Werkzeugen und Waffen achtet, wenn man nur auf die neuen Methoden der Grausamkeit und des Nutzbetriebes schaut. Das alles macht den Menschen noch nicht aus. Es sei mir gestattet, noch einmal J. Ratzinger zu zitieren. Er interpretiert die Glaubensüberzeugung von der besonderen Erschaffung des Menschen in dem Sinn, daß der „Rubikon der Menschwerdung“ in dem Moment überschritten worden ist, als das erste Du – wie stammelnd auch immer – aus Menschenmund zu Gott gesagt wurde. Und die Möglichkeit und Fähigkeit, unmittelbar zu Gott zu sein, bezeichnet dann das, was den Menschen zum Menschen macht¹⁷. Das Zweite Vatikanum hat den hier gemeinten Tatbestand beschrieben mit den Worten: „Er (sc. der Mensch) existiert nämlich nur, weil er, von Gott aus Liebe geschaffen, immer aus Liebe erhalten wird; und er lebt nicht voll gemäß der Wahrheit, wenn er diese Liebe nicht frei anerkennt und sich seinem Schöpfer überantwortet“¹⁸. Wenn es der Glaube so als Charakteristikum des Menschen ansieht, daß ihm die Möglichkeit gegeben ist, sich intentional auf Gott zu beziehen, mit ihm in Kontakt zu treten, dann bewegt sich diese Deutung sicher auf einer anderen Ebene als

die naturwissenschaftlichen Erklärungen zur Entstehung und zum Erscheinen des Menschen in der Welt. Diese beiden Erklärungsweisen können sicher nicht einfach miteinander harmonisiert werden. Je für sich genommen und in ihrem jeweiligen Kontext verstanden schließen sie sich gegenseitig aber auch nicht unbedingt aus. Dennoch möchte ich nicht verschweigen, daß ich in der eben erwähnten Eigenart der Naturwissenschaften zur Quantifizierung von allem und jedem nun doch eine Gefahr erblicke: die Gefahr, daß der Mensch nur noch als Produkt eines blind ablaufenden Prozesses angesehen wird, der dann aber auch im weiteren Verlauf erbarmungslos über ihn hinwegrollen könnte. Was mir in einer solchen Sicht dann keineswegs mehr sichergestellt werden kann, ist vor allem die Würde und Unantastbarkeit, aber auch die Verantwortlichkeit und das Verpflichtetsein des einzelnen, jedes einzelnen Menschen.

Damit kommen wir nun zu dem letzten Punkt, der im Zusammenhang unseres Themas behandelt werden soll. Die Evolutionstheorie, deren Brauchbarkeit und Wert sich im Rahmen der Naturwissenschaften immer wieder bewährt hat, hat sich unter der Hand zu einer Art Universaltheorie weiterentwickelt. Man hat sie auf alle nur denkbaren Phänomene übertragen und angewandt. Sie mußte und muß erhalten zur Erklärung und Deutung der Geschichte im allgemeinen und der Geschichte bestimmter Phänomene. Daß sie auch in diesen Zusammenhängen gute Dienste leisten kann, soll keineswegs bestritten werden. Nur müßte man sich doch häufig klarer bewußt machen, was der Aufweis von Entwicklungen innerhalb von sozialen Gebilden erklärt und was nicht. Wenn man, um ein anderes Beispiel zu nennen, die „Entwicklung“ bestimmter philosophischer, weltanschaulicher oder religiöser Ideen aufzeigen kann, ist damit noch keineswegs über die Wahrheit oder den Irrtum entschieden, der sich in diesen Ideen ausdrückt. Auch wenn sich die Idee der Entwicklung mit der des Fortschritts verbindet, kann das wiederum im Zusammenhang menschlicher Gegebenheiten zu allerlei sonderbaren Auffassungen führen. Ich meine, daß man in diesem Punkt der Feststellung von J. B. Metz durchaus zustimmen kann, daß „Entwicklung“ heute weithin als „eine selbst nicht mehr zu legitimierende Grundannahme technischer Rationalität“ gilt, „innerhalb derer sich zwar Strukturen und Tendenzen, Phänomene höherer und niederer Komplexität aufweisen und sortieren lassen, die aber als ganze der weiteren Aufhellung nicht mehr fähig ist und die damit eigentlich als quasi religiöses Symbol wissenschaftlicher Erkenntnis fungiert“. Die Wirksamkeit dieser Idee ergibt sich nach Metz vor allem daraus, daß sie als eine Art „Lebensgefühl“ bereits in das vorwissenschaftliche Bewußtsein abgesunken ist und so die Erfahrungen des „modernen Menschen“ prägt¹⁹.

Die Konsequenzen eines solchen „evolutiven Bewußtseins“, das sich nicht immer wieder um eine Klärung des erkenntnistheoretischen Wertes und der Brauchbarkeit seiner Theorien und Prinzipien bemüht, sind ein Relativismus, in dem alles zufällig und vorläufig wird. Im Hinblick auf den Menschen bedeutet das die Zumutung, auf das Bewußtsein seiner Sonderstellung in der Welt und der Wirklichkeit zu verzichten, da er ja

schon bald überholt sein wird von höher entwickelten Exemplaren. Im Kontext von Geschichte und Gesellschaft verlangt eine solche Grundeinstellung häufig vom Menschen die Bereitschaft, sich eben in den Lauf der Dinge einzufügen; sich als Teil eines Ganzen zu verstehen, demgegenüber der Wert und die Bedeutung des einzelnen eben darin besteht, zu funktionieren als ein, wenn und sobald es notwendig wird, austauschbares Rädchen. In einer solchen Sicht haben Begriffe wie Subjektivität, Individualität, Personalität oder Würde und Freiheitsrechte keinen rechten Sinn mehr, und die damit gemeinten Wirklichkeiten werden, wo sie reklamiert und in Anspruch genommen werden, durchaus nicht selten als Störungen empfunden. J. B. Metz meint, daß das evolutionistisch gestimmte Bewußtsein dahin tendiere, Geschichte, Subjekt und Befreiung als authentische Wirklichkeiten immer mehr still zu stellen²⁰. Nun soll nicht verschwiegen werden, daß die hier sicher sehr pauschal wiedergegebenen Tendenzen keineswegs die einzigen Kräfte sind, die um die Beherrschung und Prägung des menschlichen Bewußtseins bemüht sind. Es gibt ohne Zweifel auch gegenläufige Bemühungen; z. B. in der Menschenrechtsbewegung. Aber insgesamt wird die Feststellung wohl nicht übertrieben sein, daß innerhalb einer evolutionistischen Sicht des Menschen und der Wirklichkeit insgesamt, die sich über die Möglichkeiten und Grenzen ihres methodischen Ansatzes keine Rechenschaft gibt, für die Unverrechenbarkeit des einzelnen kein Raum ist, daß in einem solchen Rahmen das Festhalten an der Unantastbarkeit der Würde des Menschen, an der Überzeugung, daß er eigentlich nicht zum Zweck für etwas anderes gemacht werden darf, eine unbegründete und unbegründbare Option ist.

Nun könnte man dem zwar entgegenhalten, da der Mensch eben das überholbare Produkt einer Evolution sei, könne und dürfe er sich auch gar nicht zum Selbstzweck machen; er sei eben nicht die Krone der Schöpfung. Der heutige Mensch verhalte sich zum kommenden wie der Neandertaler zu uns; wir seien eben die Neandertaler oder die Steinzeitmenschen der Zukunft²¹. Das mag auf den ersten Blick ganz plausibel aussehen. Aber wie auch immer der weitere Weg der Evolution verlaufen mag: das alles kann die Tatsache nicht mehr aus der Welt schaffen, daß im Menschen jetzt schon ein Wesen existiert, das sich seiner selbst bewußt ist und gerade deshalb die verschiedensten Fragen stellen kann im Hinblick auf die ihn umgebende Welt. Er kann seine Fragen richten auf das, was seinen Sinnen unmittelbar zugänglich ist, er kann aber auch nach dem Ganzen der Welt fragen und nach den Gesetzen, die dieses Ganze zusammenhalten. Er kann aber auch das alles noch einmal transzendieren in der Frage nach dem Sinn, dem Wozu der Welt und der Natur, der Geschichte und seiner eigenen Existenz. Dem Selbstbewußtsein des Menschen kann aber eigentlich nur eine Antwort entsprechen, die ihm selber einen eigenständigen Wert zugesteht. Wie auch immer die Menschen der Zukunft aussehen mögen, welche Vorzüge sie uns gegenüber haben mögen, christlicher Glaube bekennt, daß jeder Mensch von Gott gewollt und geliebt ist und darin den Sinn seiner Existenz finden kann. Das ist zunächst eine Behauptung, die alle Zeichen einer subjektiven Sinngebung an sich zu tragen

scheint. Aber selbst bei einem solchen Verständnis könnte sie immer noch zur Sicherstellung menschlicher Freiheit und Eigenständigkeit beitragen. Aufzuweisen, daß dieser Bezug des Menschen zu Gott nicht nur eine Projektion ist, sondern daß man darauf sein Leben bauen kann, gehört wohl zu den vordringlichsten Aufgaben der Theologie überhaupt.

Anmerkungen:

- ¹ Schell H.: Schöpfung oder Entwicklung? in: *ders.*, Kleinere Schriften (hrsg. von K. Hennemann), Paderborn 1908, 239.
- ² Nr. 2 vom 8. 1. 1982, 10.
- ³ Vgl. Ratzinger J.: Schöpfungsglaube und Evolutionstheorie, in: *ders.*, Dogma und Verkündigung, München/Freiburg i. Br. 1973, 147 f.
- ⁴ Vgl. Wildiers N. M.: Weltbild und Theologie vom Mittelalter bis heute, Zürich/Einsiedeln/Köln 1974, 281 – 286.
- ⁵ Vgl. Vat. II, Dogmatische Konstitution über die göttliche Offenbarung, Nr. 11.
- ⁶ Vgl. Neuner-Roos: Der Glaube der Kirche in den Urkunden der Lehrverkündigung, Regensburg⁸ 1971, Nr. 332.
- ⁷ Vgl. Schell H. (Anm. 1) 239 f.; Petri H.: Der Gedanke des Fortschritts in der Theologie Herman Schells, in: *Catholica* 23 (1969) 120 f.
- ⁸ Schell H.: Gott und Geist, Bd. 2, Paderborn 1896, 232.
- ⁹ Vgl. Schell H.: Kleinere Schriften, 247; 254.
- ¹⁰ Nr. 46 vom 9. 11. 1981, 252 ff.
- ¹¹ Vgl. Ratzinger J. (Anm. 3) 149 f.
- ¹² Vgl. Remane A.: Die Entwicklungs- und Fortschrittsidee in der Wissenschaft vom Leben, in: Burck E. (Hrsg.): Die Idee des Fortschritts, München 1963, 187 f.
- ¹³ Für die folgende zusammenfassende Darstellung der Konzeption Teilhards vgl. Wildiers N. M. (Anm. 4) 339 – 359.
- ¹⁴ Vgl. Broch Th.: Das Problem der Freiheit im Werk von Pierre Teilhard de Chardin, Mainz 1977, 203.
- ¹⁵ Vgl. Rahner K.: Die Christologie innerhalb einer evolutiven Weltanschauung, in: *ders.*, Schriften zur Theologie, Bd. 5, Einsiedeln/Zürich/Köln 1962, 183 – 221; *ders.*, Christologie im Rahmen des modernen Selbst- und Weltverständnisses, in: Schriften, Bd. 9, Einsiedeln/Zürich/Köln² 1972, 227 – 241.
- ¹⁶ Vgl. Ratzinger J. (Anm. 3) 159 f.
- ¹⁷ Vgl. ebda. 160.
- ¹⁸ Vat. II, Pastoralkonstitution über die Kirche in der Welt von heute, Nr. 19.
- ¹⁹ Vgl. Metz J. B.: Glaube in Geschichte und Gesellschaft, Mainz 1977, 6 f.
- ²⁰ Vgl. ebda. 7.
- ²¹ Vgl. Dittfurth H. v.: Wir sind nicht nur von dieser Welt. Religion und die Zukunft des Menschen, Hamburg 1981, 135.

Imre Toth

GOTT UND GEOMETRIE*

Eine viktorianische Kontroverse

Dicebas heri perfecta scientia tua. Nunc
quod dices? Novus est inventus mundus . . .

Fr. Sanchez, Quod nihil scitur (1581)

Historische Erklärungsgründe der nichteuklidischen Geometrie

Die theoretischen, sowohl gnoseologischen als auch wissenschaftstheoretischen Besonderheiten der nichteuklidischen Geometrie haben in den letzten drei Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts zu einer leidenschaftlichen Polarisierung der *scientific community* geführt, die in der ganzen Geschichte der Mathematik ohne Präzedenzfall ist.

Gleichzeitig fiel die neue Geometrie auf historischer Ebene durch ihre außergewöhnliche Entwicklungsstruktur auf.

Das Problem

Die klassischen mathematischen Theorien sind das Ergebnis eines kumulativen Evolutionsprozesses, der sich im Rahmen einer einzigen Gedankenströmung graduell entfaltete. Dagegen schien die NEG Ergebnis einer wahrhaftigen *generatio spontanea* gewesen zu sein. Mathematiker, Philosophen, Historiker fanden sich plötzlich vor einer Theorie, die ihnen in elaborierter, abgeschlossener Form angeboten wurde, ohne daß sie sich hätten erklären können, woher sie stamme und wie sie entstehen konnte. Die rein philosophische Frage nach der prinzipiellen und achronischen Möglichkeit einer nichteuklidischen Geometrie überhaupt erfuhr unter diesen Umständen eine unmittelbare Übertragung auf die Problematik der diachronischen Möglichkeit in bezug auf das historische Geschehen: Wie kann die Entstehung einer der euklidischen entgegengesetzten Geometrie historisch erklärt und motiviert werden?

Die epistemologische Relevanz dieser Frage lenkte die allgemeine Aufmerksamkeit auf die Entstehungsgeschichte der nichteuklidischen Geometrie. Bedeutende Mathematiker und Wissenschaftstheoretiker haben der nichteuklidischen Historie eine umfangreiche Literatur gewidmet: Paul Stäckel, Friedrich Engel, Felix Klein und viele andere in Deutschland, Houël, Mansion, Lechalas, Henri Poincaré im französischen Sprachgebiet, Clifford, Bertrand Russell und Sommerville in England, Halsted in

*Eine verkürzte Variante des vorliegenden Textes wurde im Rahmen des Hirschmann-Seminars, *Institute for Advanced Study*, Princeton, N.J., im Januar 1981, unter dem Titel *God and Geometry* vorgetragen.

den Vereinigten Staaten, Beltrami und Bonola in Italien, Wassiljew in Rußland.

Die Ergebnisse der historischen Forschung wurden Anfang dieses Jahrhunderts in zwei Werken dargelegt und zusammengefaßt. Das eine war D. M. Y. Sommervilles monumentale *Bibliography of Non-Euclidean Geometry* (London 1911); sie umfaßte die Zeitspanne von der Antike bis 1910 und verzeichnete und klassifizierte eine Anzahl von ca. 4500 Arbeiten. Das zweite – Roberto Bonolas *La geometria non-euclidea: esposizione storico-critico del suo sviluppo* (Bologna 1906) gab eine ausgewogene, synthetische Übersicht der Entwicklung. Bonolas Buch gilt bis heute als das maßgebende, klassische historische Standardwerk der nichteuklidischen Geometrie. Die von ihm vertretenen Ansichten boten in bezug auf alle historischen und philosophischen Fragen der nichteuklidischen Geometrie eine Antwort, die das Bedürfnis nach exhaustiver Erklärung vollständig befriedigen konnte. Damit galt die historische Forschung im Bereich der nichteuklidischen Geometrie als abgeschlossen; das Interesse auf diesem Gebiet ist abgeflaut.

Die in dieser Periode elaborierten und in Bonolas Werk exemplarisch vertretenen Konklusionen haben im Laufe der vergangenen Jahrzehnte den überwältigenden Status einer ohne Alternative herrschenden Konzeption gewonnen.

Parallelenproblem und Vorgeschichte der nichteuklidischen Geometrie

Für diese noch heute unbestrittene Auffassung ist die *Entstehung der nichteuklidischen Geometrie durch das sogenannte Parallelenproblem* motiviert und historisch vollständig erklärbar.

Das *Parallelenproblem* betrifft den axiomatischen Status des sogenannten *euklidischen Parallelenpostulats*. Dieses ist in Euklids *Elementen* wie folgt formuliert: für *alle* koplanaren Geradenpaare a, b , gilt, daß sie in einem Punkt, P , inzidieren, wenn sie mit einem gemeinsamen Schneidenden, c , in einer der beiden von c bestimmten Halbebenen Innenwinkel bilden, die zusammen kleiner als zwei rechte Winkel sind. Kürzer: *Alle* zueinander konvergierenden koplanaren Geradenpaare a, b , sind inzident; ihre *Konvergenz* impliziert *Inzidenz*. Euklid hat diesen Satz ohne Beweis postuliert, d. h. als Axiom an die Grundlagen der Geometrie gesetzt. Die im *Parallelenproblem* gestellte Frage lautet wie folgt: Ist der Satz Euklids ein unbeweisbares Axiom oder ein beweisbares Theorem? Ein Beweis der euklidischen Aussage wäre dann und nur dann korrekt, wenn der Satz selbst als notwendige Folge der übrigen geometrischen Axiome abgeleitet werden kann.

Es besteht eine weitgehende Freiheit, in die Gesamtheit der Sätze der euklidischen Geometrie eine axiomatische Struktur einzuführen. Dabei ist es allein zwingend, gewisse Sätze der Geometrie ohne Beweis als *wahr* anzunehmen und sie als Ausgangspunkt, als gemeinsame Prämisse der darauffolgenden Beweise zu setzen. Damit werden sie zu Axiomen. Es ist zu *erwarten*, daß alle anderen Sätze der Geometrie aus den Axiomen abgelei-

tet werden können. Die logischen Folgerungen der Axiome sind Theoreme. Daraus folgt die Forderung nach logischer Unabhängigkeit der Axiome voneinander: Ist ein Satz der Axiomenmenge aus einem anderen Satz derselben Menge ableitbar, so ist er offensichtlich kein Axiom, sondern Theorem; seine Eingliederung in die Gruppe der Axiome erweist sich dadurch als unberechtigt. *Axiom* und *Theorem* sind metamathematische Satzprädikate, die den geometrischen Aussagen zugeordnet werden. Sie haben einen Sinn nur in bezug auf ein bereits bestehendes Axiomensystem. Auswahl und infolgedessen auch Zahl der Axiome aus der Gesamtheit geometrischer Sätze ist allein von Zweckmäßigkeitsgründen bestimmt. So hat Hilbert 20 Sätze aus der Satzmenge der euklidischen Geometrie als Axiome ausgewählt. Als letztes, Axiom Nr. 20, kann hier das *euklidische Parallelenpostulat* eingeführt werden; (dieser Satz kann freilich auch andere Stellen annehmen und auch seine Formulierung erlaubt eine bestimmte Variation). Das Axiomensystem Hilberts entspricht am besten der historischen Entwicklung der Geometrie und kann als der natürliche Abschluß eines ununterbrochenen millenären Gedankenprozesses betrachtet werden, dessen Anfänge in der griechischen Geometrie des 5.–4. vorchristlichen Jahrhunderts liegen.

Wird das euklidische Postulat aus der Hilbertschen Axiomengruppe aus irgendeinem Grund entfernt, so bleiben noch 19 Axiome zurück. Das Restsystem der 19 Axiome zusammen mit der Gesamtheit der aus ihnen ableitbaren Sätze bildet eine eigene, selbständige Geometrie, die sogenannte *absolute Geometrie Bolyais*. Die Theoreme der absoluten Geometrie sind dadurch charakterisiert, daß das euklidische Postulat in ihrer deduktiven Genealogie *nicht* enthalten ist. Sie sind beweisbar wahr, unabhängig davon, ob das euklidische Postulat wahr oder falsch, oder aber ob es weder wahr noch falsch ist. Die ersten 28 Sätze in Euklids Elementen sind Theoreme der absoluten Geometrie. Satz *elem.* I 29 ist das erste strikt euklidische Theorem, da seine Wahrheit nicht bewiesen werden kann, wenn die Wahrheit des euklidischen Postulats nicht unter den Prämissen des Beweises aufgenommen wird.

Der vorher benutzte Ausdruck in Hinsicht auf die vage Beweisbarkeit des euklidischen Satzes erlaubt nach den eben erfolgten Ausführungen eine schärfere Formulierung: Der euklidische Satz ist beweisbar, wenn er als Theorem allein aus den Axiomen der absoluten Geometrie abgeleitet werden kann.

Unter diesen Umständen kann das Parallelenproblem präziser wie folgt formuliert werden: *Ist der euklidische Satz ein Theorem der absoluten Geometrie oder ist er von den Axiomen der absoluten Geometrie logisch unabhängig?* Diese offene Alternative ist die einzig theoretisch korrekte Form des Problems. In den vergangenen Jahrhunderten war sie jedoch als eine Aufgabe betrachtet worden: Es wurde verlangt, den euklidischen Satz aus den Axiomen der absoluten Geometrie abzuleiten. Das Problem bestand unter diesen Umständen nur darin, daß ein solcher Beweis noch nicht gefunden wurde. In dieser präjudizierten Form ist das Parallelenproblem klassisch geworden. Hinter dieser Konzeption stand die stillschweigend

als wahr angenommene, an sich jedoch falsche metamathematische Konjektur, die euklidische Proposition sei ein Theorem der absoluten Geometrie, dessen Beweis noch dahinsteht.

Der *metamathematische* Charakter des Problems ist offenbar. Nicht nach dem Bestehen oder Nichtbestehen einer konkreten Eigenschaft geometrischer Figuren, sondern nach der Beweisbarkeit und Unbeweisbarkeit einer von niemandem bezweifelte und unbezweifelbare Wahrheit aus bereits bestehenden anderen Wahrheiten wird hier gefragt. Das Problem ist nicht, ob der logische Wert der Wahrheit oder der Falschheit der fraglichen Aussage zugeordnet werden soll, sondern ob dem wahren Satz das Prädikat *Axiom* oder das Prädikat *Theorem* zukommt.

Ähnliche Probleme waren in anderen Wissenschaften unbekannt. Das Vorhandensein metatheoretischer Probleme ist ein eigenartiges epistemologisches Phänomen, das die Mathematik auszeichnet und von allen anderen Wissenschaften wesentlich unterscheidet. Die historische Signifikanz des Parallelenproblems ist kaum zu übersehen: Mit ihm wurde ein Weg eingeschlagen, der später zur Entfaltung der modernen Metamathematik führte.

Stand der Forschung

In der herkömmlichen Literatur herrscht die ohne Vorbehalt allgemein geteilte Auffassung, das Parallelenproblem sei erst nach der Publikation der *Elemente* und als kritische Reaktion auf das euklidische Werk entstanden: die Nachfolger Euklids hätten die Richtigkeit seines Vorgehens in Frage gestellt und den Axiomencharakter seines Fundamentalsatzes bezweifelt. Das Parallelenproblem wäre gemäß dieser Auffassung irgendwann nach Euklid unmittelbar von seinen Elementen herausgefordert und bestimmt.

In bezug auf sein weiteres historisches Schicksal ist die Meinung aufgetreten, das Parallelenproblem sei seit dem Anfang unserer Zeitrechnung über Mittelalter und Neuzeit bis in das 19. Jahrhundert hinein ein zentrales Anliegen der Forschung gewesen und habe ohne Unterbrechung die bedeutendsten Köpfe der Mathematik gefesselt, fasziniert und sie zu immer erneuten, reiterierten Lösungsversuchen verlockt.

Auch glaubt man, unter diesen sei Saccheri der erste gewesen, der, 1733, in der Hoffnung einer indirekten Lösung des Parallelenproblems, zu einem, dem euklidischen entgegengesetzten antieuklidischen System gelangt sei; und daß mit ihm zusammen auch alle anderen, die denselben Weg einschlugen, an dem irr tümlichen Glauben der Inkonsistenz dieses Systems festgehalten hätten. Dabei blieb der entscheidende prinzipielle Unterschied zwischen dem *antieuklidischen* System und der *eigentlichen nichteuklidischen* Geometrie sowohl in der historisch als auch in der philosophisch orientierten Literatur völlig unbemerkt. Die Begründer der antieuklidischen Systeme wurden und werden in der historischen Literatur weiterhin als *Vorläufer* der eigentlichen nichteuklidischen Geometrie betrachtet. Die herkömmliche Literatur verfügt weder über theoretische Kriterien noch über historiographische Kategorien, um geschichtliche Rolle

und Position der sogenannten *Vorläufer* verstehen, definieren und auswerten zu können.

Bekannterweise ist die nichteuklidische Geometrie in der geschichtlichen Entwicklung als abschließender Akt der reiterierten und immer wieder gescheiterten Lösungsversuche des Parallelenproblems entstanden. Mit der Entstehung der nichteuklidischen Geometrie hat das Problem in der Tat seine korrekte Lösung gefunden. Die Lösung hat die Richtigkeit des Euklidischen Vorgehens mit einem peremptorischen theoretischen Beweis bestätigt: Der Fundamentalsatz der Elemente ist kein Theorem der absoluten Geometrie; will man die Gesamtheit der bekannten d. h. euklidischen Geometrie begründen, so ist es unerlässlich, den euklidischen Satz, so wie es in den Elementen geschieht, ohne Beweis als Axiom des geometrischen Satzsystems zu akzeptieren.

In pulcherrimo Geometriae corpore duo sunt naevi, . . . schrieb 1621 Sir John Savile (1621: 140), und einer dieser Makel, der großes Aufsehen erregte, war der Mangel eines (absolut-geometrischen) Beweises für das Parallelenpostulat. Als Gauß, Lobatschewskij und Bolyai zu der Überzeugung der logischen Unabhängigkeit des Parallelenpostulats gelangten und auf dieser Basis die nichteuklidische Geometrie aufbauten, haben sie damit auch Euklid rehabilitiert: Was bis dahin als Makel verurteilt wurde, galt nunmehr als Euklids bedeutendste Leistung.

Die Begründer der nichteuklidischen Geometrie selbst sahen ihren Ansatz durch das Vorhandensein des offenen Parallelenproblems vollständig motiviert. Diese, auf der psychologischen Ebene der subjektiven Biographie unzweifelbar richtige Motivation wurde jedoch in der gesamten Literatur zur Dignität einer objektiven, notwendigen und hinreichenden Erklärung des historischen Geschehens erhoben. Dadurch erfuhr das Parallelenproblem eine historische Klassifikation, die es in die Kategorie der klassischen Probleme der Antike einordnete: Wie Kreisquadratur und Winkelteilung fand auch das Parallelenproblem im 19. Jahrhundert eine negative Lösung; nicht die erwartete Lösung, sondern ihr Gegenteil, die prinzipielle Unlösbarkeit der gestellten Aufgabe, konnte als Ergebnis eines strengen Beweisvorgangs ergründet werden: die nichteuklidische Geometrie hätte im Falle des Parallelenproblems lediglich die notwendige negative Lösung geliefert. Auf diese Weise würde sich die Vorgeschichte der nichteuklidischen Geometrie auf die historische Entwicklung des Parallelenproblems reduzieren.

Es wird allgemein angenommen, die Anerkennung der logischen Unabhängigkeit des Parallelenpostulats – bzw. ihres Korollars: der relativen Konsistenz beider Systeme – hätte die hinreichende Basis für den Aufbau der nichteuklidischen Geometrie geschaffen; die nichteuklidische Geometrie wäre daraufhin zwangsläufig erschienen durch die Übertragung einer theoretischen Notwendigkeit in den Bereich des historischen Geschehens. Die historischen Erfahrungen in bezug auf die Rezeption der nichteuklidischen Geometrie verleihen dieser Auffassung den unmittelbaren Anschein einer geschichtlich belegbaren theoretischen Plausibilität. In der Tat änderte die öffentliche Meinung ihre Haltung gegenüber der bereits seit

Jahrzehnten bestehenden nichteuklidischen Geometrie erst nach dem in 1868 erfolgten Beweis der relativen Konsistenz beider Systeme. Dieser Beweis wurde von Beltrami, Klein, Poincaré mit Hilfe eines im euklidischen Raum entdeckten Modells der nichteuklidischen Geometrie durchgeführt. Da die Konsistenz der nichteuklidischen Geometrie hier mit Hilfe der Konsistenz des euklidischen Systems gesichert wurde, hat man auch angenommen, der Beweis der relativen Konsistenz impliziere, daß die den Axiomen der euklidischen Geometrie ursprünglich zugeschriebene Wahrheit damit automatisch auch auf die Axiome der nichteuklidischen Geometrie übertragen wurde. Die Konsistenz der euklidischen Geometrie hätte so nicht nur die Konsistenz des dem euklidischen entgegengesetzten Systems gewährleistet, sondern auch die Wahrheit seines Axioms, non-E, begründet.

Theoretische Unzulänglichkeit herkömmlicher historischer Erklärungsversuche

Aufgrund der Forschungsergebnisse der letzten Jahre muß die überlieferte Historie in wesentlichen Punkten modifiziert werden.

Vor allem erscheint das Parallelenproblem als völlig unzulängliche Erklärung für die Entstehung der nichteuklidischen Geometrie. Bereits auf rein theoretischer Ebene ist es unmittelbar nachweisbar, daß für die korrekte Lösung des Parallelenproblems die nichteuklidische Geometrie eine zwar hinreichende, jedoch nicht notwendige Bedingung darstellt.

Die formale Negation, non-E, des euklidischen Parallelenpostulats, E, lautet: *Nicht alle* zueinander konvergierenden komplanaren Geradenpaare sind inzident; *es existiert* folglich mindestens ein konvergentes komplanares Geradenpaar, das nicht inzident ist. Ist die Wahrheit des euklidischen Postulats ohne Beweis angenommen, so kann streng bewiesen werden, daß die ihm formal entgegengesetzte antieuklidische Aussage falsch ist; non-E ist ein beweisbar falsches Theorem der euklidischen Geometrie. Ist das euklidische Parallelenpostulat, E, von den Axiomen der absoluten Geometrie logisch unabhängig, so kann weder seine Wahrheit noch die Falschheit des antieuklidischen Satzes im absoluten System bewiesen werden; die dem euklidischen Satz formal entgegengesetzte Aussage non-E ist von den absoluten Axiomen ebenso unabhängig wie das euklidische Parallelenpostulat. Die Anerkennung der logischen Unabhängigkeit des Parallelenpostulats ist zwar eine *notwendige* und auch die wichtigste, auf keinen Fall doch hinreichende Bedingung für die Begründung der eigentlichen nichteuklidischen Geometrie. Prinzipiell stellt die logische Unabhängigkeit des euklidischen Parallelenpostulats die unerläßliche Voraussetzung dar, nicht nur der nichteuklidischen Geometrie, sie ist genau in dem gleichen Maße die notwendige Bedingung auch der theoretischen Begründung der euklidischen Geometrie. Daraus ergibt sich aber keineswegs der Zwang, auch mindestens einem der beiden entgegengesetzten Sätze, E

oder non-E, den logischen Wert der Wahrheit zuzuordnen. Allein die logische Unabhängigkeit des Parallelenpostulats ist *nicht* hinreichend, um die nichteuklidische und noch *nicht* einmal um die euklidische Geometrie zu begründen.

Die logische Unabhängigkeit des Parallelenpostulats erlaubt insgesamt vier kombinatorische Möglichkeiten. Die erste davon entsteht, wenn die Axiome der absoluten Geometrie mit keinem anderen Axiom kombiniert werden.

Keinem der beiden Sätze, *weder* dem Satz *E* noch dem Satz *non-E*, wird der logische Wert *wahr* (noch *falsch*) zugeschrieben; beide bleiben ohne logischen Wert. Wir bleiben somit stillschweigend in dem System der absoluten Geometrie eingeschlossen. In diesem Fall existiert *keine* nicht-euklidische, aber ebensowenig eine euklidische Geometrie. Dennoch ist es bereits in dieser Geometrie möglich, die Aussagen *E* und *non-E* nicht nur zu formulieren, sondern darüber hinaus auch ihre logische Unabhängigkeit streng zu beweisen (Toth 1979).

Es ist möglich, den ganzen genealogischen Baum sowohl des euklidischen Satzes *E* als auch die logischen Konsequenzen des Satzes *non-E* auch in diesem Fall zu entwickeln; diese werden hier – in der absoluten Geometrie – als unbewiesene und als prinzipiell unbeweisbare, aber auch unwiderlegbare Satzketten auftreten. Die von ihnen beschriebenen geometrischen Universa haben keine aktuelle Existenz, doch sind sie auch nicht unrealisierbar; sie sind beide zwei entgegengesetzte, jedoch gleichermaßen *mögliche* Welten. Der Beweis der logischen Unabhängigkeit der Sätze *E* und *non-E* hat in diesem Rahmen folgende Bedeutung: Ist die einzig reelle Welt der absoluten Geometrie konsistent, so sind auch die beiden möglichen Welten konsistent.

Unizität der euklidischen Geometrie – Unmöglichkeit antieuklidischer Welten

Die euklidische ist eine der Welten. Sie entsteht durch die Realisierung einer zweiten Kombinationsmöglichkeit, der logischen Konjunktion von den absoluten Axiomen und des euklidischen Satzes *E*: Es wird dem Satz *E* der logische Wert der *Wahrheit*, dem Satz *non-E* immer nur der logische Wert der *Falschheit* zugeschrieben.

Auf diese Weise entsteht eine *einzig* Geometrie, die *euklidische*. Der Satz *E* wird aus einer unentschiedenen Aussage, die weder Theorem noch Axiom ist, in den Zustand eines Axioms durch den Akt erhoben, der ihm den Wert der Wahrheit zuordnet. Die absolute Geometrie wird mit dem *Axiom E* erweitert; damit wurde die euklidische Geometrie begründet.

Wäre der Satz *E* von den Axiomen der absoluten Geometrie nicht unabhängig, könnte eine eigentliche euklidische Geometrie auch nicht existieren. Um die logische Unabhängigkeit des Satzes *E* zu beweisen, ist die Existenz einer eigentlichen euklidischen Geometrie – darauf wurde schon hingewiesen – zwar nicht notwendig, dennoch hinreichend. Die Unabhängigkeit wird in der theoretischen Literatur immer unter Einbezie-

hung der Existenz einer nichteuklidischen Geometrie bewiesen. Die Unabhängigkeit des Parallelenpostulats kann jedoch bereits im Rahmen des euklidischen Systems streng bewiesen werden. Die Annahme einer nichteuklidischen Geometrie als System wahrer Sätze ist dazu nicht erforderlich.

Offensichtlich kann das ganze Netz der Sätze, die als mit ihr logisch-äquivalenten Folgen der Proposition *non-E* entstehen, auch im Inneren des euklidischen Systems entwickelt werden. Ihre Gesamtheit stellt dort einen zusammenhängenden Text beweisbar falscher Sätze dar. Diese den euklidischen formal entgegengesetzten *antieuklidischen* Theoreme sind ihrer verbalen Ausdrucksform nach wohl *nicht* euklidisch – gehören aber trotzdem organisch dem axiomatischen System der euklidischen Geometrie an, da die Aussagen, die die Falschheit der antieuklidischen Sätze behaupten, echte Theoreme des euklidischen Systems sind. Der gesamte Text antieuklidischer Aussagen ist deswegen ein echter Teil des geometrischen Textbuches der eigentlichen euklidischen Welt; er ist ein falscher Teiltext des gesamten euklidischen Kontextes. Seine Falschheit ist jedoch kein Ergebnis von Irrtum. Da die Wahrheit des euklidischen Postulats feststeht, führt seine explizite Negation zu einem Satz, der im Augenblick seiner Entstehung bereits im klaren Bewußtsein der Falschheit formuliert ist. Das Parallelenpostulat negieren heißt, falsche Sätze bewußt und absichtlich in die Welt zu setzen. Eine solche Sprache wird gewöhnlich entweder mit dem erbarmungslosen ethischen Prädikat *Lüge* oder mit dem euphemistischen Ausdruck *Literatur*, *Poesie* bezeichnet. Das spezifische Universum, das von diesem Text beschrieben wird, ist fiktiv dennoch nicht bloß inexistent; es ist beweisbar eine *unmögliche* Welt. Man könnte von der Wahrheit des antieuklidischen Textes deswegen in einer unmöglichen Welt sprechen. Während die Elemente Euklids als eine Geographie der reellen Landschaft dargestellt werden, kann der antieuklidische Text höchstens als Literatur, als ein *science-fiction* Roman von phantastischen, unmöglichen Landschaften betrachtet werden. Dennoch wurden die unmöglichen Landschaften inmitten der reellen geographischen Umgebung beschrieben; und der *fiction-Roman* gehört derselben *Bibliothek dieser realen* Welt an wie das Geographie-Buch.

Keine theoretischen oder praktischen Hindernisse stehen im Wege der künstlerischen Lüge. Ein antieuklidisches System kann allerdings leichter erdichtet werden als ein Roman. Es stellt keine technischen, auch keine ontologischen oder epistemologischen Probleme. Die geometrische Welt der euklidischen Wirklichkeit bleibt heil: Die Wahrheit bleibt Wahrheit und die Sätze, die die bekannte Wahrheit bewußt negieren, bleiben nicht nur falsch, sie sind als solche auch von Anfang an wohl bekannt. Eine Konfusion zwischen Wahrheit und Falschheit ist in dieser Welt ausgeschlossen.

Die einzige Frage, die sich stellt, gehört der anthropologischen Dimension der Erkenntnis an: sie betrifft die *Motivation*. Wissenschaft gilt als seriöse Angelegenheit, da es dem Wissenschaftler nicht erlaubt ist, sich bewußt mit nicht existierenden und noch weniger, sich mit Gegenständen zu beschäftigen, die von vornherein als unmöglich gelten. Solche Exkursio-

nen in das Imaginäre und das Unmögliche sind nur einem Künstler erlaubt. Dagegen wird Dichtung, geschweige vorgesezte Lüge, nicht immer als seriöses Handwerk betrachtet. Sie ist sogar sehr schlecht angesehen, falls sie dieselben Gegenstände zu beschreiben beansprucht, die gewöhnlich zum Kompetenzbereich der Wissenschaft und Wahrheit gerechnet werden. Was für ein Interesse hätte die Elaboration eines falschen antieuklidischen Systems inmitten gut etablierter euklidischer Wahrheiten erregen können, wenn diese – für die Praxis mit sonst unerreichbarer Akribie durchgeführten Triangulationen unmöglicher Räume – tadellose Beweise trivial falscher, absurder Aussagen versprochen?

Um im folgenden die Ausdrucksweise zu vereinfachen, erscheint es zweckmäßig, die Gesamtheit der den euklidischen formal entgegengesetzten Sätze mit einem einzigen zusammenfassenden Ausdruck zu bezeichnen. Ich habe dafür den Terminus *antieuklidisches System* empfohlen, eine Vokabel, die im oralen oder brieflichen Verkehr um Gauß bereits im zweiten Jahrzehnt des vorigen Jahrhunderts mit unverbindlicher Spontaneität für denselben Zweck gelegentlich verwendet wurde.

Ist das antieuklidische System inkonsistent, so beweist sein Zusammensturz indirekt die Unizität der euklidischen Geometrie und absolute Notwendigkeit der euklidischen Wahrheit: Ein Universum geometrischer Objekte kann nicht anders als euklidisch sein.

Es ist eine wohlbekannte Tatsache, daß Saccheri und auch andere das antieuklidische System in dieser Absicht und Erwartung entwickelten. Das Ziel, Unizität und Notwendigkeit der euklidischen Wahrheiten zu beweisen, kann sowohl von historischem als auch von epistemologischem Standpunkt aus als hinreichender Grund für die Entwicklung des antieuklidischen Systems gelten. Die Motivation, die die klassischen Lösungsversuche des Parallelenproblems vorantrieb, war neuartig: das Interesse an dem Beweis des Nicht-anders-sein-Könnens der Geometrie. Diese Motivation hätte als müßig erscheinen können, da eine andere Geometrie unbekannt und unvorstellbar, daran als an eine abstrakte Möglichkeit zu denken, sinnlos war. Darüber hinaus hat diese Motivation einen unverkennbaren metaphysischen, dem Wesen geometrischer Theoreme durchaus fremden Charakter. Um sie zu entschuldigen, konnte man immerhin darauf hinweisen, daß sie der epistemologischen Forderung der Suche nach Wahrheit entspricht. Beruhigend dürfte auch das Bewußtsein wirken, diese metaphysische Motivation könne keine permanente Quelle geometrischer Forschung stiften. Es wäre ihr erster Erfolg gewesen, der ihr Ende verkündet hätte: *forger des monstres pour les combattre* (Leibniz, *Théodicée*, § 362).

Die erfolgreiche Durchführung eines Inkonsistenzbeweises hätte die Möglichkeit gegeben, zwischen Geometrie als Literatur und Geometrie als Wissenschaft mit Hilfe eines objektiven Kriteriums zu unterscheiden. Das hätte bedeutet: Im Bereich der Geometrie muß die Fiktion von alleine zusammenbrechen. Die Falschheit einer geometrischen Aussage, auch wenn diese von vornherein nicht erkannt wurde, muß dadurch offenbar werden, daß sie zu zwei unvereinbaren Folgerungen führt. Das ist jedoch in der Li-

teratur nicht der Fall. Der Text eines Romans kann in bezug auf die Wirklichkeit durchaus falsch sein, muß jedoch keinen Widerspruch enthalten.

Diese Hoffnung ist nicht in Erfüllung gegangen. Die Inkonsistenz des antieuklidischen Systems konnte und kann auch prinzipiell nicht bewiesen werden. Im Gegenteil: Es wurde bewiesen, daß die Inkonsistenz des antieuklidischen, also des falschen Systems, unvermeidlich die Inkonsistenz des wahren, des euklidischen Systems, nach sich ziehen würde. Die logische Solidarität von Fiktion und Wirklichkeit, die Verbundenheit auf Leben und Tod eines realen Universums lauter wahrer mit einer unmöglichen Welt lauter falscher Sätze – dies ist ein erstaunliches, in der Literatur völlig unbekanntes Phänomen. Es wäre in der Tat ungewöhnlich, aus der Inkonsistenz einer frei erfundenen, apokryphen Biographie auf die Inkonsistenz der ihr entgegengesetzten wahren Biographie zu schließen. Wegen dieser Unmöglichkeit eines Inkonsistenzbeweises konnte die euklidische Geometrie das antieuklidische System trotz seiner evidenten Falschheit nicht mit Hilfe einer Immunreaktion automatisch aus seinem Körper eliminieren. Damit hat sich jedoch die Motivation, die den Aufbau des antieuklidischen Systems ursprünglich rechtfertigte, als hinfällig erwiesen. Das antieuklidische System stand unzerstört da, ohne sein bloßes Dasein und noch weniger seine Zugehörigkeit zur Geometrie mit irgendeinem ethischen, wissenschaftlichen oder pragmatischen Grund rechtfertigen zu können. Somit geschah ein seltsames Ereignis: Die Entwicklung einer Wissenschaft wie der Geometrie führte zwangsläufig zur Elaboration einer konsistenten Lüge, *more geometrico constructa*.

Eine historische Motivation eines derartigen Unternehmens hätte dennoch im Bereich der Metamathematik zu finden sein können: Die logische Unabhängigkeit des euklidischen Parallelenpostulats kann nur dann streng bewiesen werden, wenn vorher ein falsches antieuklidisches System ausführlich elaboriert und danach nachgewiesen wird, daß es echte Teile des realen euklidischen Raumes gibt, deren innere Geometrie mit dem antieuklidischen System isomorph ist. Der Beweis reduziert sich auf folgendes: Ist das System der wahren euklidischen Sätze konsistent – so ist auch das System der falschen antieuklidischen Sätze widerspruchsfrei; ist das System der falschen Sätze inkonsistent, so ist auch die Geometrie der Wahrheit widerspruchsvoll. Wahrheit und Lüge sind durch logische Solidarität verbunden.

Ein solcher Beweis darf mit den gewöhnlichen apagogischen Vorgängen nicht verwechselt werden. In den indirekten Beweisen zerstört der Abschluß des Beweises die falsche Anfangshypothese. Das zum Zweck des Unabhängigkeitsbeweises erdichtete falsche System bleibt jedoch für die Ewigkeit bestehen. Für die vollständige Entwicklung aller Wahrheiten der euklidischen Geometrie ist die Elaboration einer falschen Satzreihe antieuklidischer Theoreme überflüssig, sogar störend. Um die euklidische Geometrie als selbständige, eigengesetzliche Welt zu erkennen, um die Irreduzibilität ihres spezifischen Wesens zu beweisen – ist die Entwicklung des falschen antieuklidischen Systems notwendig: *omnis determinatio est negatio*.

Es war der Beweis einer fundamentalen metamathematischen Wahrheit – der ersten in der Geschichte der Mathematik –, die die Elaboration einer unzerstörbaren Lüge erforderte: des antieuklidischen Systems. Die seltsame metamathematische *Theodizee* mag befremdend erscheinen. Sie liefert jedoch den peremptorischen Beweis der theoretischen Überflüssigkeit einer eigentlichen, wahren nichteuklidischen Geometrie für die Durchführung des Unabhängigkeitsbeweises.

Eine zweite Alternative:

Wahrheit des antieuklidischen – Falschheit des euklidischen Systems

Doch entspricht der Beweis der logischen Unabhängigkeit nicht der ursprünglichen Begierde, die Unizität des geometrischen Universums und die absolute Notwendigkeit der euklidischen Wahrheit zu begründen. Die logische Unabhängigkeit beweist im Gegenteil, daß ein dem euklidischen entgegengesetzt strukturiertes Universum logisch durchaus möglich ist.

In der Tat erlaubt die logische Unabhängigkeit des Satzes E auch eine dritte Satzkombination: Sie besteht in der konsistenten Erweiterung des Axiomensystems der absoluten Geometrie durch die aussagenlogische Konjunktion dieser Axiome und des antieuklidischen Satzes non-E.

Der Satz non-E wird in den Zustand eines Axioms erhoben dadurch, daß ihm der Wert der Wahrheit ohne Beweis zugeordnet wird. Auf diese Weise wird eine antieuklidische Geometrie begründet: alle ihre Sätze sind wahr. Die antieuklidische Geometrie ist auch die einzig wahre, solange dem Satz E nur der Wert der Falschheit zugeordnet wird, der ihm im übrigen, aufgrund eines trivialen Beweises – in diesem Fall – auch notwendigerweise zukommt.

Offensichtlich erscheinen alle metamathematischen Probleme und Eigentümlichkeiten der euklidischen Geometrie in ihrem Gegenpart unverändert wieder. Auch hier, in der einzig wirklichen antieuklidischen Welt kann der Beweis der logischen Unabhängigkeit des wahren Axioms non-E, – und implizite auch des falschen Satzes E – durchgeführt werden. Die Existenz einer euklidischen Geometrie ist dazu nicht erforderlich. Da alle euklidischen Sätze hier trivial beweisbar sind, kann die logische Unabhängigkeit der Sätze E und non-E auch dann durchgeführt werden, wenn eine euklidische Welt unmöglich (doch nicht inkonsistent) ist.

Die Unmöglichkeit einer euklidischen Geometrie erscheint hier als Folge des logischen Axioms des ausgeschlossenen Dritten: Unter den beiden formal entgegengesetzten Sätzen – E und non-E – ist der eine wahr, der andere falsch. Der logische Satz selber schreibt nicht vor, welcher der beiden Sätze wahr sein soll. Wird die Wahrheit dem Satz non-E zugeordnet, folgt notwendigerweise die Falschheit von E.

Betrachtet man die antieuklidische Welt real lediglich in dem Sinn, in dem man von der selbständigen Wirklichkeit einer Fiktion spricht, so erscheint das klassische Satzgewebe der euklidischen Geometrie wie ein Roman im Roman, das euklidische Universum wie ein Bild im Bild, sogar

ein Traum im Traum. Dadurch, daß der antieuklidischen Geometrie bloß die Wirklichkeit einer Fiktion zugeschrieben wird, wird die in ihr enthaltene euklidische Geometrie noch keineswegs zu Wahrheit und aktueller Wirklichkeit. Sie bleibt Fiktion, sowohl auf die fiktive als auch auf die aktuelle Wirklichkeit bezogen, — wie das photographische Abbild einer bekannten lebendigen Person in der offensichtlich absurden Landschaft eines surrealistischen Gemäldes. Pirandello (1930) ist in die Seele dieser Person hineingedrungen und hat ihren Bewußtseinzustand beschrieben: Sie war *auf der Suche* nach einem *Autor*, der ihren ontologischen Zustand hätte erklären müssen.

Dennoch ist das wahre antieuklidische System mit der *eigentlichen nicht-euklidischen* Geometrie keineswegs identisch. In der herkömmlichen Literatur wird zwischen antieuklidischer und nichteuklidischer Geometrie kein Unterschied gemacht. Im Rahmen eines bloß auf den Inhalt und Beweis einzelner Theoreme beschränkten Unterrichtsprozesses ist diese Verwechslung belanglos und hat ebensowenig schädliche Folgen wie die Identifizierung der natürlichen Zahl 7 mit der ganzen, dieser mit der rationalen, dann reellen, endlich mit der komplexen Zahl 7. Die Identifizierung der wahren antieuklidischen mit der wahren nichteuklidischen Geometrie führt jedoch zu einer metatheoretischen Konfusion, die den Weg zum Verständnis der Geschichte zu blockieren droht.

„Nichts ist gegenwärtiger als die Vergangenheit“ (Sarah Smith 1979). Die Gegenwart ist das Firmament des Bewußtseins: eine simultane Anwesenheit verschiedener Vergangenheiten. Eigentliche Gegenwart ist nur das *Bezugssystem*, das *Ich*. Eine Rückkehr in die diachronische Vergangenheit wäre nur durch eine Transformation des Bezugssystems vollziehbar. Doch erlaubt die Konsubstanzialität des Bezugssystems mit dem *Ich* eine solche Transformation nicht; die Gefahr des *Hineinprojizierens der Gegenwart in die Vergangenheit* ist unvermeidbar. Sie kann nur vermindert werden, wenn das Bezugssystem selbst klar erkannt und definiert wird. Deswegen ist auch *in der Anatomie des Menschen ein Schlüssel zur Anatomie des Affen* (Marx: 26). Nur eine klare Erkenntnis dessen, was *heute* nichteuklidische Geometrie ist, kann den Schlüssel zum richtigen Verständnis ihrer vergangenen Stufen liefern. Entscheidend für die historische Forschung ist in dieser Hinsicht der Unterschied zwischen antieuklidischer und nicht-euklidischer Geometrie. Mit dem Terminus *antieuklidisch* wird das dem euklidischen entgegengesetzte System dann bezeichnet, wenn die beiden Sätze E und non-E miteinander in der Relation einer strikten, ausschließenden Alternative stehen: *entweder* wird dem Satz E die Wahrheit und non-E die Falschheit, *oder* aber umgekehrt: dem Satz non-E die Wahrheit und E die Falschheit zugeordnet. Entweder ist also die euklidische Geometrie als wahr akzeptiert und folgerichtig die antieuklidische Geometrie als falsch zurückgewiesen, oder im Gegenteil wird die antieuklidische Geometrie als wahr akzeptiert und in diesem Fall die euklidische Geometrie als falsch zurückgewiesen.

Saccheri hat 1733 einen fundamentalen induktiven Satz der absoluten Geometrie bewiesen: Nachdem *ein* Dreieck euklidisch oder antieuklidisch

ist – sind es *alle*. Gilt außer diesem absolut-geometrischen Theorem auch das aussagenlogische Axiom des ausgeschlossenen Dritten für die Alternative: *E* oder *non-E*, so folgt aus den beiden eine strikte *Unizität* im ontologischen Bereich: Es existiert ein einziges Universum geometrischer Objekte und dieses ist entweder ein euklidisches oder aber ein antieuklidisches, *rien ne peut être changé dans l'univers – sauf son essence* (Leibniz, *Théodicée I §; 1900: 89*).

Der Satz benötigt eine Präzisierung. Ist die euklidische Geometrie akzeptiert, die antieuklidische zurückgewiesen – so existiert und strikt genommen kann auch nur ein einziges Universum existieren. Die Wahl der antieuklidischen Alternative impliziert dagegen die Existenz einer unendlichen Menge von Universa, auch dann, wenn die euklidische Geometrie als falsch zurückgewiesen wird. Dennoch sind alle diese Universa in ihrer antieuklidischen Struktur identisch; sie unterscheiden sich untereinander wie z. B. zwei ähnliche Dreiecke oder zwei Kugeln des euklidischen Raumes. Sie sind untereinander *ähnlich*, oder präziser ausgedrückt, sie unterscheiden sich untereinander nur in dem konkreten Wert eines Parameters, der mit einer zum technischen Terminus beförderten Metapher als der *Krümmungsradius* des Raumes bezeichnet wird. Da in der Geometrie der konkrete Wert des Parameters belanglos ist, kann auch die strikt genommene unendliche Menge antieuklidischer Universa als ein einziges Universum aufgefaßt werden. Unter diesen Umständen ist es erlaubt, – im Fall der strikten Alternative im syntaktischen Bereich – über Unizität von einem der beiden entgegengesetzten Universa im ontologischen Bereich zu sprechen.

Was ist nichteuklidische Geometrie?

Die eigentliche nichteuklidische Geometrie entspricht der vierten theoretisch möglichen Kombination der beiden entgegengesetzten Sätze: *E ist wahr und non-E ist wahr*.

Der unbehinderten linguistischen Möglichkeit der formalen Kombination entspricht offensichtlich die aussagenlogische Unmöglichkeit, den beiden Sätzen simultan den Wert der Wahrheit zuzuordnen; dies widerspricht dem Axiom des ausgeschlossenen Widerspruchs. Dennoch ist mit der Begründung der eigentlichen nichteuklidischen Geometrie durch Gauß, Lobatschewsky und Bolyai diese Unmöglichkeit zum geometrischen Sein und zur epistemologischen Wirklichkeit der Geometrie geworden. Eine wahrhaftige *coincidentia oppositorum* – im Bereich des geometrischen Seins und Bewußtseins – ist damit zustande gekommen.

Die Zuordnung der Wahrheit ist zwar notwendig, jedoch nicht hinreichend, um die nichteuklidische Geometrie zu etablieren. Es hätte nämlich sein können, daß der Wert der Wahrheit der antieuklidischen Geometrie zugeordnet und als Folge die klassische euklidische Geometrie als falsch aus der Wissenschaft der Mathematik ausgestoßen wird. Diese theoretische Möglichkeit ist mit Wachter, einem Schüler Gauß', zur historischen

Wirklichkeit geworden: Wachter hat die antieuklidische Geometrie als wahr akzeptiert, folgerichtig die euklidische als falsch erklärt.

Mit der Konstituierung der nichteuklidischen Geometrie wurde jedoch die euklidische Geometrie nicht als falsch eliminiert, sondern weiterhin als wahr und zusammen mit dem entgegengesetzten System als gleichberechtigter Bestandteil der mathematischen Wissenschaft bewahrt. Die Entwicklung der antieuklidischen Geometrie bedeutet noch keineswegs die Begründung der nichteuklidischen Geometrie. Euklidische und antieuklidische Geometrie befinden sich in der Relation einer strikten *Alternative*, sie schließen sich gegenseitig aus. Euklidische und nichteuklidische Geometrien befinden sich nicht mehr in exklusiver Disjunktion miteinander, sondern in einer simultanen Juxtaposition und Koexistenz.

Keiner der eigentlichen Begründer der nichteuklidischen Geometrie hat diese Idee explizit und programmatisch verbal zum Ausdruck gebracht: Der Gedanke wurde von ihnen als epistemologisches Faktum instauriert. Von der historischen Existenz der nichteuklidischen Geometrie können wir nur dann sprechen, wenn beide entgegengesetzte geometrische Systeme völlig gleichberechtigt, also als simultan wahr, der Mathematik angehören.

Offensichtlich ist diese Idee völlig neu, was nicht unbedingt für ihre Annehmbarkeit spricht. Sie wirkt auf den ersten Blick nicht nur unannehmbar, sondern abstoßend.

Da die Wahrheit der Axiome mit keinem Beweis ergründet werden kann, besteht auch kein logischer Zwang, die nichteuklidische noch die antieuklidische, auch nicht einmal die euklidische Geometrie allein als wahr zu akzeptieren. Im Falle der euklidischen oder der antieuklidischen Geometrie besteht jedoch auch kein entgegengesetzter logischer Zwang, die eine zurückzuweisen. Wir verfügen im Falle dieser Alternative über die Freiheit, eine Wahl zu treffen und uns für eine der beiden entgegengesetzten, dennoch logisch gleich möglichen Geometrien – entweder für die euklidische und gegen die antieuklidische oder aber für die antieuklidische und gegen die euklidische Geometrie – zu entscheiden. Im Falle der nichteuklidischen Geometrie wird eine Entscheidung getroffen, die auf den logischen Zwang eines kategorischen Verbots stößt. In dieser Entscheidung kommt eine neue Konzeption der Freiheit zum Ausdruck: Die Freiheit besteht in diesem Fall nicht mehr in der Wahl einer von zwei bereits gegebenen Möglichkeiten, sondern in der Negation und *Aufhebung* des bestehenden Universums.

Ich werde im folgenden mit dem Terminus *nichteuklidisch* die den euklidischen formal entgegengesetzten Sätzen dann und nur dann bezeichnen, wenn ihnen die Wahrheit simultan mit den ursprünglichen euklidischen Sätzen zugeordnet ist.

Akzeptiert man aus irgendeinem Grund *sowohl* die euklidische *als auch* die nichteuklidische Geometrie, akzeptiert man damit implizit, ob man will oder nicht, die simultane Wahrheit von zwei sich formal widersprechenden axiomatischen Sätzen und das gleichzeitige Bestehen von zwei entgegengesetzt strukturierten Universa geometrischer Objekte, die, wie

Saccheri es bewiesen hat, jeweils *alle* geradlinige Dreiecke enthalten. Die Situation ist ausweglos: Durch konsistente Erweiterung der 19 Axiome der absoluten Geometrie mit einem zwanzigsten Axiom, sei es E oder non-E, wird zum bereits bestehenden Universum *aller* geradlinigen Dreiecke *kein* neues Dreieck hinzugefügt, auch bleiben *alle* Geraden – gerade, alle Kurven krumm. Wohl gemerkt, es gibt im absoluten Universum Linien, die weder Geraden noch Kurven sind, wie z. B. die sogenannte *Horozykel* (Kreis mit unendlichem Radius). Beim Übergang zur euklidischen Geometrie werden diese zu Geraden, beim Übergang zur antieuklidischen oder zur nichteuklidischen Geometrie werden sie zu Kurven. Dennoch bei keiner dieser Extensionen wird eine Gerade zu einer Kurve oder umgekehrt.

Bei jeder konsistenten Extension des Systems behalten die primitiven Termini der absoluten Geometrie, *Punkt*, *Gerade*, *Ebene*, ihre ursprünglichen semantischen Interpretationen und ontologischen Bedeutungen invariant. Ob in der euklidischen oder nichteuklidischen Geometrie – sie haben in beiden simultan dieselbe Bedeutung.

Axiomensystem der nichteuklidischen Geometrie als Begriffssimplex

Aus textökonomischen Gründen muß hier dahingestellt bleiben, wie diese Schwierigkeit gelöst werden kann. Es soll jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Konjunktion „E ist wahr und non-E ist wahr“, oder auch die Konjunktion „E und non-E“, nur in *bezug* auf die Aussagenlogik eine Abstridität ist: Sie ist dort aufgrund eines *Axioms* (Prinzip des ausgeschlossenen Widerspruchs) verboten. Unbeweisbarkeit und Unwiderlegbarkeit dieses Axioms wurde bereits von Aristoteles (*met.* 1062a2-3) erkannt und betont.

Dennoch wie jedes, z. B. das Prinzip des ausgeschlossenen Dritten, so kann auch dieses Axiom negiert und durch eine entgegengesetzte Aussage ersetzt werden, die das, was vorher verboten war, nicht nur erlaubt, sondern sogar als Pflicht vorschreibt.

Wenn so als Axiom angenommen wird, daß, anstatt ein Unding zu repräsentieren, die Konjunktion „*p* und *non-p*“ immer ein reelles Ding darstellt, so wird damit auch das Universum der Aussagenlogik verlassen und ein neuer Seinsbereich begründet, wo auch die Operation der Konjunktion eine im Vergleich mit ihrem aussagenlogischen Sinn andere inhaltliche Deutung bekommt.

In der Aussagenlogik ist die Konjunktion „und“ eine Operation, wodurch aus zwei (wahren) Sätzen „*p* und *q*“ stets ein dritter (wahrer) Satz, $r = „p \text{ und } q“$, entsteht, falls *q* nicht mit *non-p* identisch ist. In dem anderen Seinsbereich werden die axiomatischen (logisch unabhängigen) Aussagen als Elemente einer Menge oder als Punkte eines *Begriffsraumes* betrachtet, dessen Elemente (Punkte) *Merkmale* eines Begriffes heißen sollen; *p* und *non-p* sind *entgegengesetzte Merkmale*.

Ein Begriff ist ein *n*-dimensionaler Simplex: das *Produkt* von $(n+1)$ -Merkmalen. Ein Merkmal ist ein null-dimensionaler Simplex. Das Axiom des ausgeschlossenen Widerspruchs wird im Begriffsraum in der folgen-

den beschränkten Form aufbewahrt: Entgegengesetzte Merkmale gehören nicht zum Simplex desselben Begriffs. Der ganze Begriffsraum ist dennoch dadurch charakterisiert, daß mit jedem p auch das entgegengesetzte Merkmal, *non-p*, gegeben ist. Im Begriffsraum gibt es neben *Produkt* noch eine Operation, die *Summe*, die zwei Merkmale in einem Begriffskomplex zusammenfügt. Die Summe von zwei entgegengesetzten Merkmalen ist ein null-dimensionaler Begriffskomplex, ein Merkmalpaar. Nur Produkt, nicht Summe von zwei entgegengesetzten Merkmalen ist im Begriffsraum axiomatisch verboten: Das Produkt von zwei entgegengesetzten Merkmalen existiert nicht; zwei entgegengesetzte Merkmale können keinen 1-dimensionalen Simplex bilden. Oder, wenn man will, ihr Produkt ist das (-1) -dimensionale, das *leere Simplex*, das *leere Merkmal*.

In diesem Raum ist *Euklidische Geometrie* ein Begriff, dessen Merkmale die *zwanzig* Hilbertschen Axiome (oder, in einer von der Hilbertschen verschiedenen Axiomatisierung dieser Geometrie, die entsprechenden Axiome) der Euklidischen Geometrie sind: Ein Simplex von 19 Dimensionen. *Neunzehn* Ecken des Simplex bilden zusammen die Merkmale des Begriffs *absolute Geometrie Bolyais*. Diese neunzehn zusammen mit dem Merkmal *non-E* bilden die Merkmale des Begriffs *nichteuklidische Geometrie*. *Euklidische* und *nichteuklidische Geometrie* bestehen im Begriffsraum simultan als Summe von zwei entgegengesetzten Begriffen: sie bilden hier einen Begriffskomplex, mit 21 Eckpunkten, der aus zwei Simplexen mit je 20 Ecken besteht. Je 19 Punkte der beiden Simplexe fallen in denselben Ecken des Komplexes zusammen: Sie sind den beiden Geometrien gemeinsame 19 Merkmale des absoluten Systems. Außerdem hat der Komplex noch zwei Ecken: Sie sind in bezug auf den Simplex der absoluten Geometrie symmetrisch entgegengesetzt und sind keine Eckpunkte eines gemeinsamen Untersimplexes: (sie sind mit keiner Gerade oder Ebene verbunden). Gegensatz von Merkmalen bzw. von Axiomen erscheint im Begriffsraum als eine Symmetrierelation. Der Komplex selbst ist ein Teil eines regulären Polytops von 19-Dimensionen, sein duales Polytop ist der 19-dimensionale Würfel; seine Bestandteile – Würfel von niedrigeren Dimensionszahlen – sind Extensionen: Umfänge von Merkmalen bzw. ihren Produkten.

Durch Begründung des Begriffsraumes wird das Axiom der Aussagenlogik offensichtlich *nicht* als *falsch* erklärt. Dennoch bleiben *E* und *non-E* in beiden Räumen – der Aussagen und Begriffe – inhaltlich dieselben wahren Sätze. Sie kommen zweimal vor: einmal als Aussagen und noch einmal als Merkmale. Aussagenlogik und Logik der Begriffe bestehen nebeneinander wie euklidische und nichteuklidische Geometrie, oder eher als Arithmetik der reellen und Arithmetik der komplexen Zahlen. Eine auf diese Weise definierte Begriffslogik läßt die Wahrheit aussagenlogischer Axiome unberührt; sie zerstört nur die scholastische Hierarchie: *Merkmal, Begriff, Satz, System*, da sie den Sätzen erlaubt, Merkmale eines Begriffs zu sein (Toth 1972: 86–91).

Euklids Postulat:

Ergebnis einer korrekten Antwort auf das Parallelenproblem

Die auf diese Weise erreichten theoretischen Ergebnisse führen zwangsläufig zur folgenden historischen Hypothese: Es wäre durchaus möglich gewesen, zur Einsicht der Unlösbarkeit des Problems auch dann zu gelangen, wenn die nichteuklidische Geometrie überhaupt nicht entstanden oder aber auf irgendeine Weise entstanden und als konsistentes jedoch falsches antieuklidisches System zurückgewiesen worden wäre; und umgekehrt: Es bleibt auch die historische Möglichkeit einer nichteuklidischen Entwicklung offen, die nicht von dem *Parallelenproblem* gesteuert und motiviert gewesen wäre.

Bereits die Formulierung dieser Hypothesen setzt eine Änderung in den historiographischen Kategorien voraus, die zusammen das *hermeneutische Bezugssystem der Vergangenheit* bilden. Der herkömmlichen Geschichtsdarstellung mangelte es an passenden theoretischen Kategorien, um entscheiden zu können, ob ein Ergebnis der Vergangenheit organischer Bestandteil der historischen Genealogie der nichteuklidischen Geometrie ist oder nicht, ob ein Ereignis konstitutiv für die Entstehung der nichteuklidischen Revolution war oder nicht. Erst die oben angeführten Unterscheidungen zwischen antieuklidischer und nichteuklidischer Geometrie, zwischen einer mathematischen Epistemologie der Unizität und Pluralität, zwischen einem aristotelischen und nichtaristotelischen Freiheitsbegriff erlaubten, zusammen mit der Erkenntnis der positiven – konstruktiven und konstitutiven – Rolle, die Negation und das Negative in der dialektischen Entfaltung der Geschehnisse spielten, eine klarere Einsicht in die historische Feinstruktur der nichteuklidischen Entwicklung zu gewinnen.

Auf diese Weise konnte das historische Universum nichteuklidischer Geschehnisse wesentlich ausgedehnt werden. Ereignisse, die unlängst noch außerhalb des Horizonts lagen, wurden dadurch zwangsläufig in das Blickfeld nichteuklidischer Historie einbezogen. Erst mit Hilfe des Begriffs der *antieuklidischen Geometrie als historische Kategorie* gelang es, eine bedeutende Anzahl von Stellen in *Corpus* der aristotelischen Schriften als historische Zeugnisse von Ereignissen zu identifizieren, die am Ursprung der nichteuklidischen Entwicklungen stehen. Ohne den Begriff der antieuklidischen Geometrie war es unmöglich, die Interpretation dieser Passagen zu unternehmen. Der heterodoxe Charakter der einschlägigen Stellen war auffallend, dennoch haben sie kein Interesse erregt. Von Anfang an stand fest, daß diese Stellen unmöglich zur nichteuklidischen Geometrie selbst, noch zu ihrer Vorgeschichte gerechnet werden können: Das für die Entstehung des *Parallelenproblems* verantwortliche Postulat wurde von Euklid erst zwei bis drei Generationen nach Plato, Eudoxos und Aristoteles formuliert.

Die oben formulierte historische Hypothese konnte positiv entschieden werden.

Das herkömmliche Entwicklungsbild der nichteuklidischen Geometrie hat damit eine erste wesentliche Korrektur erlitten: Nicht das *Parallelen-*

problem ist als Folge der *Elemente Euklids*, sondern umgekehrt, die *Elemente* sind als Folge der korrekten Antwort auf das bereits bestehende Parallelenproblem entstanden. Dadurch konnte auch die geläufige These des *Evidenzanspruchs* als historische Quelle des *Parallelenproblems* widerlegt werden.

Das in Platons *Akademie* eingeleitete Unternehmen eines streng logischen Aufbaus der Geometrie führte zwangsläufig zur Thematisierung der metamathematischen Problematik, die erst später nach Euklid unter der konventionellen Bezeichnung *Parallelenproblem* zu Notorität gelangte.

Im Mathematikerkreis um Eudoxos wurden die ersten Versuche unternommen, das Problem auf indirektem Wege zu lösen. Das Scheitern dieser Versuche führte die griechischen Geometer – im Gegensatz zu den Mathematikern der folgenden zwanzig Jahrhunderte – zur korrekten Einsicht der logischen Unabhängigkeit der euklidischen Sätze von den bereits erkannten und in dieser ihrer Eigenschaft auch anerkannten Axiomen der absoluten Geometrie. Die Exploration indirekter Lösungsversuche hatte die Forschung zur spontanen Erzeugung eines *antieuklidischen* Satzsystems geleitet, und die Griechen wurden früh mit seiner provozierenden Anwesenheit konfrontiert. Seine logische Unwiderlegbarkeit verlockte Aristoteles sogar zur insinuerenden Bekundung seiner Bereitschaft, es mit derselben Freude wie die euklidischen Sätze aufzunehmen, würde sich das heterodoxe System als wahr und naturgemäß erweisen (Toth 1967; 1977). Unlängst ist es Vittorio Hösle gelungen, im *Kratylos* und in der *Politeia* einschlägige Stellen aufzufinden, die als Zeugnisse der vom antieuklidischen System auf Platon ausgeübten Faszination gedeutet werden können (Hösle 1982).

Dennoch haben die Griechen das antieuklidische System zurückgewiesen. Da seine Refutation mit logischen Mitteln unmöglich erzwungen werden konnte, konnte seine Ablehnung nur als Ergebnis einer freien Entscheidung erfolgen, die die alleingültige Wahrheit der euklidischen Geometrie apodiktisch postulierte. Offensichtlich führte die korrekte Lösung des *Parallelenproblems* in der Antike zur freien Begründung der euklidischen durch die simultan erfolgte kategorische, freie Zurückweisung der antieuklidischen Geometrie.

Damit konnte die von den angeführten metamathematischen Ergebnissen implizierte erste historische Hypothese vollständig beantwortet werden: Bereits ein halbes Jahrhundert vor Euklid gelangten die Griechen zur Einsicht, daß die echt euklidischen Theoreme von den Axiomen der absoluten Geometrie logisch unabhängig sind. Doch führte die so gewonnene metamathematische Erkenntnis nicht zur Entstehung der nichteuklidischen, sondern zur ersten korrekten axiomatischen Begründung der euklidischen Geometrie als ein selbständiges, irreduzibles Satzsystem. Das *Parallelenproblem* wurde auf diese Weise zum ersten Mal von Euklid gelöst. Er hat einem fundamentalen Satz, der sich mit Hilfe der absoluten geometrischen Axiome weder beweisen noch widerlegen ließ, ohne jeden Beweis den Wert der Wahrheit zugeordnet und diesen Satz als ein neues Axiom den vorhandenen absolut geometrischen Axiomen hinzugefügt.

Die Notwendigkeit dieses Aktes stellte sich für ihn als ein nicht beweisbarer Imperativ in Form einer Forderung dar: *Es wird gefordert*, diesem Fundamentalsatz den Wert der Wahrheit ohne Beweis zuzuordnen, ihn als Axiom, *arche*, zu erklären (*principium petere*), da die bekannten Theoreme der Geometrie (i. e. der euklidischen Geometrie) sonst ohne Zirkel nicht zu beweisen sind.

Diese historische Entwicklung hat die theoretische Vermutung bestätigt: Nicht nur die Entstehung einer nichteuklidischen, bereits die korrekte axiomatische Begründung der euklidischen Geometrie bietet eine hinreichende, doch nicht einmal diese eine notwendige Bedingung der korrekten Lösung des *Parallelenproblems* an. Darüber hinaus hat sich damit auch erwiesen, daß diese Entwicklung bereits zur Entstehung von Theoremen führte, die den strikt euklidischen Sätzen formal entgegengesetzt sind. Obwohl die innere Konsistenz dieser Sätze erkannt wurde, hat diese Entwicklung nicht zur Annahme der Wahrheit des antieuklidischen Systems und noch weniger zur eigentlichen nichteuklidischen Geometrie geführt. Anstatt zur Akzeptierung führte die korrekte Lösung des *Parallelenproblems* zur kategorischen Zurückweisung bereits der antieuklidischen Geometrie. Die simultane Akzeptierung der euklidischen *und* der nichteuklidischen Geometrie kam nicht in Frage.

Damit erwies sich die Wirklichkeit einer von der herkömmlichen Forschung ignorierten Entwicklungsstruktur, die als historische Möglichkeit von Ergebnissen metamathematischer Forschungen suggeriert wurde: Nicht nur im theoretischen, auch im historischen Bereich existiert keine notwendige Beziehung zwischen Erkenntnis der Unlösbarkeit des *Parallelenproblems* oder der Konsistenz antieuklidischer Sätze und Entstehung der nichteuklidischen Geometrie. Ähnliche theoretische Voraussetzungen, die im 19. Jahrhundert zur nichteuklidischen Geometrie führten, lenkten in der Antike in die entgegengesetzte Richtung – zur Begründung der euklidischen zugleich mit der Ablehnung der bereits bestehenden antieuklidischen Verführung. Das *Parallelenproblem* kann weder für die theoretische Rechtfertigung noch für die historische Motivation der nichteuklidischen Geometrie herangezogen werden. Nicht nur die theoretischen Gründe, auch die historische Rechtfertigung der nichteuklidischen Revolution dürften wohl irgendwo anders zu suchen sein.

Diese Vermutung konnte durch die Untersuchung des historischen Schicksals des *Parallelenproblems* in den auf Euklid folgenden zwei Jahrhunderten mit weiteren Belegen unterstützt werden.

Der hohe wissenschaftliche Wert, der dem *Parallelenproblem* in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts zugeordnet wurde, wurde von den einzelnen Autoren der Lösungsversuche mit der stereotypen Behauptung begründet, dieses Problem habe alle großen Mathematiker der vergangenen zwei Jahrtausende intensiv beschäftigt; da die Lösungsversuche der anderen alle gescheitert sind, erschien der Ertrag des jeweiligen Verfassers, der an den Erfolg der eigenen Lösung glaubte, um so wertvoller. Durch fast endlose Wiederholungen hat diese Behauptung für die späteren Historiker die Merkmale einer belegten historischen Tatsache gewonnen,

die geeignet war, das Interesse für das *Parallelenproblem* am Ende des 18. und am Anfang des 19. Jahrhunderts zu rechtfertigen.

Diese Auffassung beherrscht bis zum heutigen Tag die gesamte Literatur. Leider kann sie dokumentarisch nicht bestätigt werden. Die Überprüfung des Quellenmaterials führte zum entgegengesetzten Ergebnis: Bis zur zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts bestand kaum ein bemerkenswertes Interesse für das *Parallelenproblem*. Erst ab etwa 1760 zeigte sich ein ansteigendes Interesse für das *Parallelenproblem* und auch zu dieser Zeit nur in dem damals besonders vom mathematischen Standpunkt aus noch zurückgebliebenen Deutschland. Während der vorausgegangenen Jahrhunderte war das *Parallelenproblem* ein ausschließliches Anliegen der Kommentatoren Euklids. Damit gehörte es seit dem 16. Jahrhundert zu dem von Mathematikern besonders verachteten Gebiet der scholastischen Pedanterien. Wenn einige bedeutende Mathematiker, v. a. im Bereich der islamischen Kultur, sich doch mit diesem Problem beschäftigt haben, so nur gelegentlich, und auch hier meistens als Übersetzer oder Kommentatoren Euklids.

Die bedeutendsten Mathematiker des 16., 17. und 18. Jahrhunderts haben vom *Parallelenproblem*, falls sie seine Existenz überhaupt zur Kenntnis nahmen, nur mit Verachtung geredet. Arnauld qualifizierte in seiner besonders einflußreichen *Géométrie* (1667; 1683: 127) das *Parallelenproblem* als Zeitverschwendung und nutzloses Kopfzerbrechen ab. Ähnliche Äußerungen finden wir in der Geschichte der Mathematik Montuclas, in den Schriften von Malebranche, d'Alembert, Lacroix und anderen. Sie sahen darin ein rein scholastisches Problem, metaphysische Schikanen, eine Angelegenheit mittelmäßiger, unbegabter Verfasser von elementarmathematischen Lehrbüchern. Das Problem war für sie mathematisch irrelevant, trivial und steril: Ausgeschlossen, daß die Mathematik etwas gewinne, wenn eine von niemandem je bezweifelte Wahrheit mit einem ebenso tadellosen wie überflüssigen Gedankengang bewiesen würde.

Die aufgrund statistischer Auswertung erstellte graphische Darstellung der Publikationshäufigkeit als Funktion der Zeit weist eine sprunghafte Steigung der Entwicklungskurve seit 1750 auf. Gleichzeitig tritt eine qualitative Wende ein. Das *Parallelenproblem* verläßt das Gebiet der Didaktik und der Kommentarbeit und konstituiert sich als unabhängiger Forschungsbereich mit eigener Intentionalität. Ende des 18. Jahrhunderts trat das *Parallelenproblem* in den Vordergrund des allgemeinen Interesses: Seine neugewonnene Würde ist von zahlreichen Dissertationen und Büchern belegt, die ihm – alle in Deutschland oder im Ausstrahlungsbereich deutscher Universitäten – gewidmet wurden. Als offenes historisches Problem stellt sich unter diesen Umständen die Frage nach der Bestimmung der geschichtlichen Faktoren, die in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eine anastatische Wirkung auf die Lösungsversuche des *Parallelenproblems* ausgeübt haben. Wie kann erklärt werden, daß in Deutschland in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts das Interesse für das *Parallelenproblem* auf einmal erwacht und gegen die Verachtung der maßgebenden Fachleute ständig zunimmt und sich endlich durchsetzt? Das bis jetzt un-

erforschte umfangreiche Diskussionsmaterial der Kontroverse, die um die nichteuklidische Geometrie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Deutschland, Frankreich, England, Rußland, Italien und in den USA stattgefunden hat, erlaubt die Aufklärung der relevanten historischen Gründe, die das *Parallelenproblem* am Ende des 18. Jahrhunderts ins Zentrum des allgemeinen Interesses des deutschen Kulturbereichs gerückt haben, und die darüber hinaus die für die Entstehung der nichteuklidischen Geometrie historisch notwendigen Voraussetzungen als metamathematisch hinreichende und konstituierende Bedingungen definieren.

Diese Gründe liegen außerhalb der Mathematik.

Göttliche Freiheit und euklidische Wahrheit

Bereits Aristoteles unternahm den Ansatz, die geometrische Theorienbildung in den Horizont menschlicher Freiheit einzubeziehen. Die gewaltige Idee Aristoteles' hat keine Aufnahme, nicht einmal ein Echo gefunden: Verständlich, zumal angesichts der erdrückenden Gegenwärtigkeit euklidischer Realitäten bereits die Frage nach menschlicher Freiheit als konstituierendes Prinzip einer Geometropoiese sowohl für den gesunden Menschenverstand als auch für die wissenschaftliche Rationalität gleichermaßen abwegig erscheinen muß.

Im Gegenteil, die Frage nach Freiheit geometrischer Kosmopoiese entfaltet ihre vollständige, vorher unvermutete Relevanz, sobald sie auf die Allmacht des göttlichen Wesens bezogen wird. Die Freiheit des allmächtigen Gottes, ein Universum zu schaffen, das den den euklidischen entgegengesetzten Sätzen unterliegt, wurde zum ersten Mal im 12. Jahrhundert in dem Werk Maimonides' problematisiert und sogleich negativ beschieden. Die Argumentation war jedoch wenig überzeugend, und seither, besonders durch die Vermittlung und den Einfluß Thomas von Aquins, ist das geometrische Beispiel in den mittelalterlichen Disputationen um die Definierung göttlicher Freiheit und Omnipotenz oft angeführt worden. Die These Maimonides' und Thomas' lautete: Gott kann nichts tun, was den Regeln der aristotelischen Logik und der euklidischen Geometrie widerspricht; doch wird dadurch weder seine unendliche Freiheit beschränkt noch seine Omnipotenz vermindert.

Das geometrische Beispiel spielte im Repertoire der Auseinandersetzung um göttliche Omnipotenz eine recht untergeordnete Rolle. Hauptgegenstand der Kontroverse war das Problem der Möglichkeit und eventuellen Aktualität einer anderen Schöpfung: ob Gott auch eine andere Welt oder eine simultane Pluralität von Universa hätte schaffen können. Nicht wie im Falle der Logik und Geometrie, wo ein gut etablierter *consensus* herrschte, gingen in bezug auf die Problematik der Pluralität von *kosmoi* die Meinungen heftig auseinander.

Intensität, Perennität, Leidenschaftlichkeit, Einfallsreichtum der Kontroverse um die Entfaltung der Omnipotenz im Akt der schöpferischen Kosmopoiese wurde durch die offensichtliche ethische, sozial-politische Relevanz der Fragestellung bestimmt und diese wurden von einzelnen

Protagonisten häufig als unverhüllte Motivation des Disputs zum Ausdruck gebracht. Es ging vor allem wohl darum, ob die Welt, so wie sie da ist, ihre ethischen Normen und juristischen Gesetze, ihre politischen und sozialen Strukturen ewige, notwendige, göttliche Wahrheiten darstellen oder nicht.

Die faktische Einheit der Welt wurde im Mittelalter im Sinne der uneingeschränkten Anwendbarkeit derselben Denkkategorien auf alle Gebiete des Seins ausgelegt. Ereignisse aus dem humanen Bereich galten als exemplarisch für die Erklärung natürlicher Prozesse, Himmelserscheinungen wurden zu persuasiven Paradigmen sozialer und politischer Lebenserscheinungen erhoben.

Damit ist auch die Rolle teilweise erklärbar, die das von Aristoteles vererbte geometrische Beispiel in dem Disput spielte. Relativität ethischer Normen, Verschiedenheit politischer Strukturen sind empirische Fakten, die ständig als persuasive und durchaus effiziente Argumente angeführt wurden, um Zweifel an absoluter Wahrheit, unantastbarer Allgemeingültigkeit, immanenter Notwendigkeit der ethischen und politischen Normen, besonders in der Form, wie diese von der römischen Kirche als Ergebnis göttlicher Offenbarung ausgelegt wurden, zu beseitigen. Dagegen bezweifelte niemand Ewigkeit, Notwendigkeit und Katholizität der euklidischen Theoreme. In dem Hin und Her der Diskussionen war es wichtig festzustellen, daß es in der Welt mindestens ein Gebiet gibt, nämlich die Geometrie, wo die Sätze tatsächlich unerschütterliche, ewige und ansichnotwendige Wahrheiten darstellen – Wahrheiten, die zu ändern nicht nur der Mensch, sondern auch Gott nicht imstande ist. Die offensichtliche Existenz unerschütterlicher Wahrheiten im geometrischen Bereich plädierte mindestens für die *Plausibilität* der Argumente, die für geometrische Gewißheit und Unantastbarkeit christlicher Moral angeführt worden sind.

Es ist merkwürdig, daß es eben die Gleichheit der Dreieckswinkelsumme mit zwei rechten Winkeln war, die immer als paradigmatisches Beispiel für die Illustration der absoluten Notwendigkeit zitiert wurde. Das Beispiel stammt zwar von Aristoteles, doch wurde es von ihm immer nur für die Illustration der Allgemeingültigkeit, niemals als Beleg für immanente Notwendigkeit angeführt. Diese Umwandlung erklärt sich dadurch, daß Aristoteles den euklidischen Satz in die Diskussion der menschlichen Freiheit einbezogen hat. Von hier ist das Beispiel in den Kontext der Diskussionen über die Freiheit des jüdisch-christlichen Gottes gelangt. Der Allmächtige mußte zwangsläufig mit dem Wahrheitsgehalt des euklidischen Theorems konfrontiert werden. Um die subjektiv empfundene Unvorstellbarkeit eines nichteuklidischen Dreiecks objektiv begründen zu können, haben die mittelalterlichen Theologen dem euklidischen Theorem eine a priori gegebene, immanente und absolute Notwendigkeit zugeschrieben. Im euklidischen Satz glaubten sie die in ihrer geometrischen Hypostase verkündete Offenbarung des göttlichen Intellekts zu erkennen: Seinem Inhalt nach gehörte er Gottes Wesen selbst; diesem entgegen zu handeln dürfte wohl nicht einmal die göttliche Allmacht imstande sein.

In diesem Sinne wird im 18. Jahrhundert das geometrische Beispiel wieder und wieder zitiert: Die Notwendigkeit der ethischen Gesetze ist mit der Notwendigkeit der Gleichheit der Winkelsumme des Dreiecks und die vermeintliche Immoralität ethischer Handlungen mit der plausiblen Absurdität antieuklidischer Sätze in Parallele gesetzt.

Geometrie als Welt

Die Theologen, die explizit die Unmöglichkeit der Schöpfung eines antieuklidischen Dreiecks anführten, waren zwangsläufig auch Protagonisten der Unizität von Universa. Es ist jedoch niemandem eingefallen, eine Beziehung zwischen Pluralität der Welten und Gültigkeit euklidischer Wahrheiten herzustellen. Im Gegenteil: Die Pluralität schien ein offenes Problem zu sein, während die Unizität der geometrischen Wahrheit nicht einmal von den Protagonisten der Pluralität als Gegenstand theologischer *disputationes*, dialektischer *distinguos*, *questiones* und *responiones* scholastischer Quodlibeta in Betracht kam.

Nachdem die nichteuklidische Geometrie in 19. Jahrhundert *de facto* entstanden ist, und nachdem man auch weiß, was sie *de jure* ist, erscheint der Disput um die Freiheit göttlicher Allmacht, eine Pluralität von Welten zu schaffen, als ein Ereignis, das durch die involvierten ontologischen Dimensionen organisch zum historischen Ideenstammbaum der nichteuklidischen Geometrie gehört. In der Tat verwendeten die Disputanten die Vokabel *Universum* im eigentlichen Sinn des Wortes: Welt war Welt, Totalität aller existierenden Gegenstände, extensiver und exhaustiver Bereich des gesamten Seins. Dementsprechend wurde auch das *Nihil* ursprünglich als das *Nichtsein* der Ontologie und noch nicht als das Vakuum der Physik aufgefaßt.

Unter dem Einfluß von Bruno hat sich diese Problematik seit dem 17. Jahrhundert in irgendeiner Weise verflacht, als der Begriff der Pluralität von Welten eine Reduktion auf den engeren Begriff der Pluralität von Planetensystemen innerhalb eines einzigen endlosen Universums erfuhr. Ursprünglich ging es jedoch explizit um die simultane Existenz (einer Pluralität) von Welten, von denen eine jede ein Universum, eine vollständige und unendliche Totalität aller existierenden Gegenstände beinhaltet.

Seitdem Saccheri sein Theorem bewies, ist es doch offensichtlich geworden: *Jede Geometrie ist eine Kosmologie*. Ihr Text beschreibt jeweils die Totalität aller Dreiecke und geometrischen Figuren. Sind die Axiome der absoluten Geometrie gültig, so ist auch die Pluralität von Universa nur mit der Annahme nichteuklidischer Strukturen konsistent vereinbar. Dem euklidischen Raum kann ein einziges Krümmungsmaß, das Krümmungsmaß 0, zugeordnet werden, und deshalb kann das *univers du discours* des euklidischen Satzsystems nur ein einziges sein. Dem Satzsystem einer der euklidischen entgegengesetzten Geometrie muß jedoch eine unendliche Menge von Universa simultan zugeordnet werden, von denen ein jedes je ein anderes positives oder negatives konstantes Krümmungsmaß besitzt. Unizität erweist sich mit Euklidizität und Pluralität mit Antieuklidizität

gleichwertig. Ist nur ein einziges Universum möglich, so muß es notwendig euklidisch sein; sind es mehrere, so können sie entweder alle untereinander ähnliche antieuklidische oder eine unendliche Menge nichteuklidischer Universa zusammen mit einem euklidischen Universum sein. Der Gegensatz: *Unizität oder Pluralität von Universa* ist mit dem Oppositionspaar *euklidische oder nichteuklidische Geometrie* äquivalent.

Materielle Bedürfnisse des praktischen Lebens, als Selbstzweck betriebene Erkenntnis der Naturgesetze des physikalischen Raumes, innerwissenschaftliche Probleme der Wissenschaften – nicht einmal der Mathematik – sind alle nicht geeignet, die Entstehung der nichteuklidischen Geometrie zu motivieren, noch weniger, ihre theoretische Grundlegung zu legitimieren. Die Freiheit – die mit Gegenwart der Vernunft identisch ist – ist ihre notwendige Voraussetzung und hinreichende Bedingung, theoretischer Grund und historische Motivation. Freiheit setzt einen handlungstragenden Agenten voraus: Der geometrische Agens ist offensichtlich allwissend; mit den von ihm ausgesprochenen Axiomen sind alle Theoreme gegenwärtig in seinem Intellekt; sein Wissen ist Prækognition: Er kennt alle Theoreme, bevor diese von den konkreten, humanen Subjekten erkannt worden und so in Aktualität getreten wären; es ist auch Präsenz: Sein Intellekt besitzt das Wissen des gesamten geometrischen Seins, noch bevor es in Form des Universums aller geometrischen Objekte gegenwärtig geworden wäre.

Das Subjekt der Geometrie und seine transzendente Geschichte

In existentieller Ordnung folgt das geometrische Sein *nach* seinem Denken: das Universum reproduziert sein im Intellekt des geometrischen Subjekts bereits anwesendes Bild. Diese inverse Abbildung selbst produziert seinen Gegenstand. Das geometrische Objekt erscheint durch Herausprojizierung seines präkonzipierten Bildes in den Bereich des Seins. Der geometrische Gegenstand reproduziert sein Vorbild mit absoluter Exaktheit: Das Wissen des geometrischen Subjekts ist absolut und perfekt, die Geometrie ist eine exakte Wissenschaft, sie ist von absoluter Gewißheit ausgezeichnet. In seinem Intellekt ist nicht nur die ganze Geometrie enthalten – das Wissen des geometrischen Subjekts enthält nichts außerhalb der Geometrie. Die geometrische Kognition ist das Selbstbewußtwerden des geometrischen Universums.

Jede Kosmologie ist eine Phänomenologie: Die Geometrie ist das sich selbst bewußt gewordene geometrische Sein, ihre Wissenschaft – das Selbstwissen des geometrischen Universums. Die Geometrie ist eine euklidische, insofern das geometrische Subjekt sich selbst als Euklid weiß. Die universale Euklidizität aller geometrischen Objekte drückt die Ubiquität und Omnipräsenz des geometrischen Subjekts in seinem Universum aus. Ein *Wo*, ein Ort, ein *topos* im Sinne der Topologie kann ihm kaum zugeordnet werden: Es existiert, doch ist es – wie *Alpha et Omega* in Hildeberd de Lavardins *Oratio* (1854: 1411) – weder innerhalb noch außerhalb der extensiven Sphäre des Seins. Die Beziehung des geometrischen Agen-

ten zu seinem Universum ist die eines transzendenten Subjekts: Gleichzeitigkeit des kognitiven Aktes und der Kognition als seinskonstitutiver Akt.

Die Geometrie ist Welt und am Anfang ihres Buches steht das Wort *fiat*: der objektsprachliche Text der Axiome in Euklids *Elementen* folgt auf das einzige Wort des metasprachlichen Imperativs: *es soll gefordert werden*, *ἡτῆσθα*. In Befehlsform wird dadurch verlangt, die darauffolgenden Sätze als *archai* der Geometrie, ohne Beweis zu akzeptieren: *ἐν ἀρχῇ αἰτῆσθα*. Diese Axiome zusammen bilden den *λόγος*, der *am Anfang* der Geometrie steht: ihren Seinsgrund, ihre *raison d'être*, ihre Wahrheit. Die syntaktische Form des *Befehls zum Wahrsein* und dadurch zum Sein ist seltsam. Die dritte Person des passiven Singulars perfekter Vergangenheit drückt den vollzogenen Akt eines unpersönlich in Erfüllung gegangenen Befehlzustandes aus: Es ist die Metasprache selbst, die für die logische Vergangenheit, also für einen achronischen Zeitpunkt, wo noch keine Geometrie existierte, den Befehl erließ, die Wahrheit des euklidischen Postulats zu fordern. Ein Befehl ist in Erfüllung gegangen, der selbst die darauffolgende Erscheinung der Geometrie befahl. Die Geometrie und ihr Universum erscheinen infolge der Forderung im Bereich des Seins: Das Wort des geometrischen Subjekts ist allmächtig; es läßt die Geometrie aus dem Nichts erscheinen. Die Metasprache selbst, die über geometrische Wahrheit und Sein befiehlt, erscheint hier als Agens der geometrieproduzierenden *praxis*. Das Subjekt der Geometrie ist keine individuelle Person.

Endlich kennt das Subjekt der nichteuklidischen Geometrie nicht eine einzige, sondern zwei entgegengesetzte Wahrheiten: Sie beschreiben beide mit derselben absoluten Genauigkeit, Gewißheit und Perennität je ein Universum, dessen Existenz feststeht, unabhängig von jeder äußeren Erfahrung in der Vergangenheit und Zukunft. Die Fähigkeit der Kognition, jede der einander entgegengesetzten Wahrheiten und Geometrien zu verstehen, ist der dialektischen Vernunft des geometrischen Subjekts untergeordnet. Durch die Entfaltung und Artikulierung der Vernunft wird der Gegensatz der einander widersprechenden Axiome als Zustand des geometrischen Bewußtseins simultan *wahr* genommen, die Koexistenz von zwei Totalitäten als Ontologie der Pluralität von unabhängigen Seinsbereichen ergründet, die Geometrie als Wissenschaft in den Zustand des *Begriffes* erhoben; jede Geometrie erscheint hier als ein Begriff, dessen Merkmale von axiomatischen Wahrheiten konstituiert sind.

Der geometrische Verstand ist gespalten: Es gibt in ihm unversöhnlich entgegengesetzte Geometrien und Universa; jede Geometrie ist für sich wahr, falsch in bezug auf die andere. Jedes Universum ist die Wirklichkeit für die eine, die Unmöglichkeit für die andere Geometrie. Die geometrische Vernunft ist einzig und einig: *coincidentia oppositorum* des geometrischen Selbstbewußtseins.

Die Historie der Geometrie ist die Entfaltung des geometrischen Selbstbewußtseins in der Geschichte, Aufstieg und Erscheinung des transzendentalen Subjekts der Geometrie in Bewußtwerdung seiner Freiheit.

Offensichtlich sind alle erwähnten Merkmale des geometrischen Subjekts mit Attributen des göttlichen Agenten einer pluralistischen Kosmo-

poiese identisch. Träger der geometrieproduzierenden *praxis* der Kognition ist ein göttliches Subjekt. Euklid hat ebensowenig eine Biographie wie Gott.

Gegenstand geometrischer Epistemologie ist die Relation Subjekt-Objekt, wo tragender Agens der Kognition ein göttliches Subjekt ist; Objekt seiner Erkenntnis ist die als Ergebnis der Kognition selbst durch *creatio continua* hergestellte Pluralität von Universa, – von unabhängigen Seinsbereichen.

Ergebnis derartiger Gnoseologie ist nicht nur die nichteuklidische Geometrie. Auf diese Weise sind die Begriffe der negativen, irrationalen, imaginären Zahlen bereits vor der nichteuklidischen Geometrie erschienen und nach ihr nicht nur eine Menge neuer Geometrien, sondern viel relevanter Theorien – Arithmetik transfiniten Zahlen, Theorie der Ideale etc. in letzter Zeit: Theorie der Distributionen, nicht-Cantors Mengenlehre, non-Standard Analysis u. a. – sie alle entstanden als Ergebnis einer nichteuklidischen Entwicklungsstruktur durch freie Schöpfung neuer Universa mit Hilfe einer konstruktiven und konstitutiven Negation. Die spontane Genese mathematischer Systeme, die den Eindruck eines inspirierten, wahrhaftig künstlerischen Kosmopoiese erweckte, wurde durch die *Grundlagen der Geometrie* Hilberts in eine nüchterne Technologie zur Herstellung künstlicher Kosmoi umgewandelt.

Alle klassischen Epistemologien ließen sich vom Paradigma einer der mathematischen Erkenntnis fremden Subjekt-Objekt-Relation leiten. Sie betrachteten die mathematische Kognition nach dem Muster der Relation, die zwischen Käfer und Entomologen, Stein und Mineralogen, Landschaft und Geographen besteht – und blieben so an den nützlichsten, bereits im frühen Kinderalter allen leicht zugänglichen paläolithischen Schichten der Mathematik haften: natürliche Zahl, Dreieck, Quadrat etc. Die permanente Revolution, die die Mathematik des vergangenen Jahrhunderts gestaltete, wurde von allen diesen Konzeptionen nicht einmal apperzipiert. Mittelalterliche Theologie – besonders in Form der heterodoxen, mystischen, negativen Theologie – zeichnet sich dagegen aus als empirische und rationale Wissenschaft von Erkenntnisstrukturen mathematischen Typs: Ihre eigene Entfaltung partizipierte an der historischen Gestaltung der Ideenentwicklung, die zur Entstehung nichteuklidischer Geometrie führte.

Der Satz, *morgen findet eine Seeschlacht statt*, kann erst *morgen* entschieden werden. Und für morgen gibt es nur zwei Möglichkeiten: Entweder findet eine Seeschlacht statt oder nicht. Der Satz, *gestern habe ein nichteuklidisches Ereignis stattgefunden*, kann erst, *nachdem* die nichteuklidische Geometrie *heute* erschienen ist, entschieden werden; und dann wird gestern entweder ein nichteuklidisches Ereignis oder ein Geschehen stattgefunden haben, wobei ein nichteuklidisches Ereignis in seltsamer Modalität negativen Daseins, als verworfene antieuklidische Geometrie entstanden ist, oder aber weder das eine noch das andere Ereignis eingetreten ist. Die Geschichte der Geometrie ist eine Wissenschaft kontingenter Vergangenheiten.

Englische Entwicklungen: Geometrie und Moral

Die sozialpolitische Inspiration und Relevanz der theologischen Kontroverse um göttliche Freiheit ist offensichtlich: Es war das humane Wesen, das sich in die Hypostase des transzendentalen Subjekts der Historie projizierte und die Frage nach seiner eigenen Freiheit und Macht stellte. Auf diese Weise erfährt auch die Entstehung der nichteuklidischen Geometrie ihre historische Motivation und soziale Legitimation. Nicht die Herstellung materieller Güter, der lange Produktionsprozeß von Freiheitsgedanken erregte und ernährte das soziale Interesse, das für Entstehung und danach für Aufnahme und Durchsetzung der nichteuklidischen Geometrie notwendig war.

Absolutismus und Liberalismus in der mathematischen Epistemologie: Mill vs. Mansel

Diese sozial-politische Dimension der Frage nach der Möglichkeit einer der euklidischen entgegengesetzten Geometrie hat sich in einer seltsamen Kontroverse, die in England zwischen 1860 bis 1874 stattgefunden hat, explizit entfaltet. Die beiden Hauptfiguren der Debatte waren John Stuart Mill auf der einen, William George Ward, Chef-Redakteur der *Dublin Review* und eine der bedeutendsten katholischen Persönlichkeiten Englands, auf der anderen Seite. Gelegentlich haben sich andere Persönlichkeiten in die Diskussion eingeschaltet (andere wieder führten sie in den letzten zwei Jahrzehnten des Jahrhunderts unter inzwischen veränderten Umständen weiter). Es ging dabei um Allgemeingültigkeit und absolute Gewißheit christlicher Moral als Grundlage des gesellschaftlichen und politischen Lebens, also um Vorsehung, unendliche Güte und allmächtige Herrschaft über die Welt eines absoluten Wesens: des einzigen Gottes des Alten und Neuen Testaments, der seine unantastbare und objektiv unerschütterlichen Gesetze auf jedem Gebiet der Erkenntnis durch unmittelbare Revelation den Menschen offenbarte. In einer Reihe von Schriften richtete Mill einen aufsehenerregenden Angriff gegen den Versuch, die etablierte Ordnung der Gesellschaft, den gegenwärtigen Zustand der Welt, Wahrheit und Gewißheit herrschender Ansichten mit Hilfe religiösen Glaubens an ein absolutes transzendentes Wesen als Schöpfer der Welt und in unmittelbarer Erkenntnis seiner Wahrheiten zu legitimieren. Er teilte die Ansicht seines Vaters, der „found it impossible to believe that a world so full of evil was the work of an Author combining infinite power with perfect goodness and righteousness“ (Mill 1971: 26, 29). Ward erkannte die Gefahr Mills für den christlichen Glauben, und in einer umfangreichen Serie von sieben aufeinanderfolgenden Aufsätzen (insgesamt 200 Seiten) unterwarf er Mills Philosophie einer ebenso stürmischen wie detaillierten kritischen Analyse. Seine Ansicht hat er programmatisch wie folgt angekündigt: „to establish on argumentative ground, against the antitheists of this day, the existence of that Personal and Infinitely Perfect Being, whom Christians designate by the name *God*“ (Ward 1875: 527).

Die Geometrie spielte in dieser Auseinandersetzung die paradigmatische Rolle eines kruzialen Arguments.

Die Provokation ging von Mill aus. Er betrachtete jede Philosophie, die die Existenz objektiver, absoluter Wahrheiten und ihre Erkennbarkeit durch unmittelbare innere Intuition behauptete, als Ideologie der Rechtfertigung überholter sozialer Institutionen und konservativer politischer Ansichten: „The notion that truths external to the mind may be known by intuition or consciousness, independently of observation and experience, is, I am persuaded, in these times, the great intellectual support of false doctrines and bad institutions. By the aid of this theory, every inveterate belief and every intense feeling, of which the origin is not remembered, is enabled to dispense with the obligation of justifying itself by reason, and is erected into its own all-sufficient voucher and justification. There never was such an instrument devised for consecrating all deep seated prejudices.“

Die feste Burg aller dieser Philosophien – sei es im Bereich der Moral, Politik oder Religion – war die These der absoluten Gewißheit, Ewigkeit und Notwendigkeit mathematischer Wahrheiten: „the chief strength of this false philosophy in moral, politics and religion, lies in the appeal which it is accustomed to make to the evidence of mathematics and of the cognate branches of physical science.“

Der politische Kampf für Liberalismus implizierte zwangsläufig die Widerlegung der intuitionistischen Erkenntnislehre und idealistischen Philosophie der Mathematik; eine philosophische, zugleich politische Aufgabe, die zum ersten Mal von ihm erkannt und gelöst wurde: „To expel it from these, is to drive it from its stronghold: and because this had never been effectually done, the intuitive school, even after what my father had written in his *Analysis of the Mind*, had in appearance, and as far as published writings were concerned, on the whole the best of the argument. In attempting to clear up the real nature of the evidence of mathematical and physical truths, the *System of Logic* met the intuition philosophers on ground on which they had previously been deemed unassailable; and gave its own explanation, from experience and association, of that peculiar character of what are called necessary truths, which is adduced as proof that their evidence must come from a deeper source than experience“ (Mill 1971: 134–135).

Anlaß für die Einbeziehung der Geometrie in die politisch motivierte Auseinandersetzung um Epistemologie und Ethik gab Mill der umfangreiche Artikel (150 Spalten) *Metaphysics*, den in ihrer 8. Auflage, 1857, die *Encyclopaedia Britannica* publizierte. Verfasser war Henry Longueville Mansel, Professor am *Magdalen College*, Oxford, einer der bekanntesten konservativen Theologen Englands. In der Begründung seiner theologischen Ansichten spielte die Philosophie Sir William Hamiltons eine zentrale Rolle. Diese war, wie Mill sie nannte, eine Philosophie der *Intuition*; sie versuchte Wahrheit und Gewißheit auf die reine, innere Anschauung zurückzuführen, während nach Mill *Erfahrung* und *Experiment* die einzigen Quellen vertrauenswürdigen Wissens waren. Hamilton lag zwar in sei-

nen politischen Ansichten näher zum Liberalismus als zum Konservatismus, dennoch schien seine Philosophie auch dazu geeignet zu sein, konservative Ansichten zu begründen. Mill erkannte, daß jegliche Philosophie, die die Existenz ewiger Wahrheiten mit Hilfe unmittelbarer, innerer Anschauung zu begründen versuchte, die Gefahr des Kompromisses mit konservativen Ideologien in sich trägt: „Now, the difference between these two schools of philosophy, that of Intuition, and that of Experience and Association, is not a mere matter of abstract speculation; it is full of practical consequences, and lies at the foundation of all the greatest differences of practical opinion in an age of progress. The practical reformer has continually to demand that changes be made in things which are supported by powerful and widely spread feelings, or to question the apparent necessity and indefeasibility of established facts; and it is often an indispensable part of his argument to shew, how those powerful feelings had their origin, and how those facts came to seem necessary and indefeasible. There is therefore a natural hostility between him and a philosophy which discourages the explanation of feelings and moral facts by circumstances and association, and prefers to treat them as ultimate elements of human nature; a philosophy which is addicted to holding up favourite doctrines as intuitive truths, and deems intuition to be the voice of Nature and of God, speaking with an authority higher than that of our reason“ (Mill 1971: 162).

Eine öffentliche Widerlegung aller Philosophien des Absoluten und des Transzendentalen stellte sich für ihn als eine dringende politische Aufgabe: „I had for some time felt that the mere contrast of the two philosophies was not enough, that there ought to be a hand-to-hand fight between them, that controversial as well as expository writings were needed, and that the time was come when such controversy would be useful“ (1971: 163).

Eben wegen des Einflusses, den diese auf liberal gesinnte Kreise ausübte, fand Mill, daß die Polemik vor allem gegen die Philosophie Hamiltons gerichtet werden mußte: „Considering then the writings and fame of Sir W. Hamilton as the great fortress of the intuitional philosophy in this country, a fortress the more formidable from the imposing character, and the in many respects great personal merits and mental endowments of the man, I thought it might be a real service to philosophy to attempt a thorough examination of all his most important doctrines, and an estimate of his general claims to eminence as a philosopher“ (1971: 163).

In der Tat stellt er fest, Hamiltons Philosophie der transzendenten Intuition erwies sich als geeignete Rechtfertigung einer konservativen Theologie. Mansel selbst wurde zum bedeutendsten Vertreter Hamiltons. „And I was confirmed in this resolution by observing that in the writings of at least one, and him one of the ablest, of Sir W. Hamilton's followers, his peculiar doctrines were made the justification of a view of religion which I hold to be profoundly immoral – that it is our duty to bow down in worship before a Being whose moral attributes are affirmed to be unknowable by us, and to be perhaps extremely different from those, which, when we

are speaking of our fellow-creatures, we call by the same names“ (1971: 163).

Um die immanente Notwendigkeit und Ewigkeit ethischer Wahrheiten zu begründen, argumentierte Mansel – der für die damaligen englischen Verhältnisse über eine ausgezeichnete mathematische Ausbildung verfügte – mit dem geometrischen Paradigma. Die Geometrie beweist die Existenz von „certain truths which, when once acquired, no matter how, it is impossible, by any effort of thought, to conceive as reversed or reversible“. Er zitierte zwei ersichtlich einleuchtende geometrische Beispiele: „By no possible effort of thought can we conceive, that twice two can make any other number than four, or that two straight lines can inclose a space, or that the angles of a triangle can be greater or less than two right angles“ (Mansel 1857: 597).

Unfaßbarkeit antieuklidischer Geometrien: Mansel und Kant

Diese Begriffe des geradlinigen Zweiecks und eines antieuklidischen Dreiecks traten in der englischen Literatur seit Hume häufig als Beispiele für Absurdität auf. In einem der verbreitetsten Lehrbücher für Logik – (1824 erschienen erreichte 1844 das Werk bereits die 8. Auflage) – lesen wir: „What may be called a *mathematical* impossibility, is that which involves an absurdity and self-contradiction; e.g. that two straight lines should enclose a space, is not only impossible but inconceivable, as it would be at variance with the definition of a straight line. And it should be observed, that inability to accomplish any thing which is, in this sense, impossible, implies no limitation of *power*, and is compatible, even with omnipotence, in the fullest sense of the word“ (Whately 1844: 307). Richard Whately war ein bekannter Logiker und Theologe, Professor an *Trinity College*, Oxford, später liberal gesinnter Erzbischof der anglikanischen Kirche in Dublin. Er hat sich bereits als *graduate student* in Oxford Ruhm als unschlagbarer dialektischer Agonist erworben mit seinem (anonym publizierten) äußerst geistreichen und humorvollen Streitbuch, *Historic Doubts relative to Napoleon Buonaparte*, wo er die Bestreitbarkeit, sogar Widerlegbarkeit der historischen Existenz Napoleons nachwies; das Buch genoß eine ungewöhnliche Popularität; in 1856 erreichte es seine 11. Auflage.

Mansel stimmte mit Whately in Hinsicht auf die Unmöglichkeit des geradlinigen Zweiecks überein, bestritt jedoch Whatelys Behauptung, der Begriff sei inkonsistent. „These notions are not, as some writers have supposed, logically self-contradictory, and therefore formally inconceivable; they are not inadmissible in their general character as thoughts, but in their special character as thoughts about figures or numbers“ (Mansel 1854: 590).

Da Inkonsistenz als Argument eliminiert werden mußte, fand Mansel die Quelle der geometrischen Unmöglichkeit in einem Begriff, den er mit der Vokabel *Inconceivability* bezeichnete. Der Ausdruck trat in der engli-

schen philosophischen Literatur des 18. Jahrhunderts sehr häufig, ohne näher definiert zu werden, spontan auf und könnte vielleicht mit dem selten benutzten deutschen Wort *Unfaßbarkeit* am besten übersetzt werden. Mansel unterscheidet die Bedeutung des Terminus sowohl von logischer *Undenkbarkeit* als auch von bildhafter *Unvorstellbarkeit*; *unfaßbar* ist nach Mansel alles, was dem *intuitive consciousness* (1857: 561) widerspricht, was *from a defect in the form of intuition* stammt. Mit *intuitive consciousness* übertrug Mansel den Begriff Kants *reiner Anschauung*. Als konservativer Protestant lehnte er zwar Kants Moralphilosophie ab, sah jedoch in der transzendentalen Ästhetik eine epochale philosophische Leistung und trug zu ihrer Vermittlung nach England wesentlich bei.

Auch das Beispiel des geradlinigen Zweiecks kommt oft bei Kant vor (1787: 65, 204, 268, 298, 348). Dennoch ist Kant bei der Interpretation des Beispiels nicht konsequent. In der *Kritik der reinen Vernunft* (1787: 268) schreibt er, daß *in dem Begriffe einer Figur, die in zwei geraden Linien eingeschlossen ist, kein Widerspruch enthalten ist*; dennoch zitiert er dieselbe *geradlinige Figur von zwei Seiten* etwas weiter (1787: 348), als paradigmatisches Beispiel für das *Nichts, nihil negativum*; das geradlinige Zweieck ist kein *Gedankending*, es ist ein *Unding*, ein *leerer Gegenstand ohne Begriff*, weil der *Begriff selbst nichts ist* – ein *Begriff, der sich selbst widerspricht*.

Wesentlicher erscheint jedoch der Unterschied zwischen Mansel und Kant in der Einschätzung der Rolle, die der Omnipotenz in der Welt der Geometrie beigemessen wird. Kant hielt die Existenz eines dem euklidischen entgegengesetzten, formal konsistenten Universums *in sensu strictissimo metaphysico* durchaus für möglich; sein Beispiel ist ein Raum von 4-Dimensionen und dieser ist nur mit der reinen Intuition des humanen Wesens unvereinbar; nicht für Gott: *Wenn es möglich ist, daß es Ausdehnungen von anderen Abmessungen gebe, so ist es auch sehr wahrscheinlich, daß sie Gott wirklich irgendwo angebracht hat* (1971: III 76; I 32, 35, 502).

Anders bei Mansel. Ein wesentliches Merkmal der *inconceivability* in seiner Interpretation ist, daß das *Unfaßbare* außerhalb der Reichweite göttlicher Allmacht liegt: „Nor yet can we conceive it possible that, by any future change in the constitution of things, even by an exertion of omnipotence, these facts can hereafter become other than they are, or that they are otherwise in any remote part of the universe“ (1857: 594). Auffallend ist es, daß neben der Figur des Zweiecks, die bereits vorher zum Standardrepertoire gehörte, Mansel auch die beiden anderen antieuklidischen Figuren als Beispiele unvorstellbarer, doch konsistenter Begriffe anführt: das Dreieck mit einer Winkelsumme *größer* als zwei rechte Winkel, aber auch – und das ist ein *Novum* für die englische Literatur – das Dreieck, dessen Winkelsumme *kleiner* als zwei rechte Winkel ist. Für eine Zeit, wo die nichteuklidische Geometrie noch unbekannt war – wäre sie bekannt gewesen, hätte sie Mansel sowieso abgelehnt –, bedeutete der betonte Hinweis auf die Konsistenz antieuklidischer Figuren einen auffallend fortgeschrittenen metamathematischen Standpunkt. Im Bereich der Geometrie verfügte Mansel offensichtlich über einen besseren Instinkt für logische Korrektheit der Argumentation als in Theologie und Politik.

Es gibt jedoch noch ein eigentümliches Argument, das durch die besondere Insistenz und Ausführlichkeit auffällt, womit es von Mansel angeführt wird. Das *Unfaßbare* befindet sich nicht nur jenseits göttlicher Omnipotenz, in Mansels Auslegung gehört es zum Wesen der absoluten *Notwendigkeit* selbst, *in the strict sense of the term*, daß ihr Gegensatz auch für andere hypothetische höhere Lebewesen eine *absolute Unmöglichkeit* darstellt: Deswegen ist der Gegensatz der immanenten Notwendigkeit *unfaßbar*. Es ist durchaus möglich, „to suppose the possibility of beings existing whose consciousness has no relation to space or time at all. This is no more than to admit the possible existence of intelligent beings otherwise constituted than ourselves, and consequently incomprehensible by us.“

Dennoch, die Modalität der Notwendigkeit charakterisiert die Beziehung zwischen geradlinigem Dreieck und Winkelsumme als eine „necessary matter in the strict sense of the term; a relation which our minds are incapable of reversing, not merely positively, in our own acts of thought, but also negatively, by supposing others who can do so.“ Lebewesen anderer Art anzunehmen hieße, die Existenz eines Bewußtseins zu postulieren, das *has no relation to space and time at all*. Da weiter „mathematical judgements strictly relate only to objects of thought as existing in my mind, not to distinct realities existing in relation to my mind“, kommt die Hypothese einer nichthumanen Intelligenz mit der Annihilierung des kognitiven Subjekts der Geometrie gleich. „Thus it is impossible to suppose that a triangle can, in relation to any intelligence whatever, have its angles greater or less than two right angles, or that two and two should not be equal to four; though it is quite possible to suppose the existence of intelligent beings destitute of the idea of a triangle or of the number two.“

Die Parallele kann auf ethischem Bereich erweitert werden: Andere moralische Gesetze als diejenigen, *of whose obligation on myself I am immediately conscious*, und die vorschreiben, was *my duty* ist, sind unfaßbare, obwohl nicht inkonsistente, absolute Unmöglichkeiten: „Hence I cannot conceive myself as subjected to a different law of moral obligation from that of which I am conscious; nor yet can I conceive other beings so subjected; for I can only conceive their obligations at all by regarding their mental constitution in this respect as identical with my own.“

Freilich, es ist möglich, die Existenz anderer Lebewesen hypothetisch zu postulieren, „but I have no difficulty in supposing the existence of creatures who have no conception of duty at all (though even in this case I cannot distinctly conceive the nature of their consciousness); just as I can suppose the existence of creatures who have no conception of mathematical relations; and such a supposition is indeed actually made with regard to the lower animals“ (1857: 599).

Diese Anspielungen betreffen bestimmte Passagen aus dem Mansel und allen seinen Zeitgenossen nicht nur in England und Schottland, sondern auch in Frankreich und Deutschland wohl bekannten Werke Thomas Reids, des Begründers der schottischen Schule der *common sense philosophy*.

Berkeley: Sprachschwierigkeiten eines Englishman mit dem Text der sichtbaren Geometrie

In seinem 1709 publizierten *Essay Toward a New Theory of Vision* stellte Berkeley den *Versuch* einer sensualistischen Philosophie der Geometrie dar. Wie *alle Dinge* im heraklitischen Fluß der Historie – der in einer dem *Styx* entgegengesetzten Richtung fließt und die nichteuklidische Geometrie vom Ufer des Nichtseins in die Welt des Seins trägt –, war *Polemik* auch *Vater* Berkeleys *Vision*. Unmittelbarer Zielpunkt seiner Kritik war Lockes Philosophie: Gegenstand der Geometrie waren nach Locke die abstrakten Ideen geometrischer Figuren. Berkeley fand dagegen, die Idee z. B. eines abstrakten Dreiecks sei inkonsistent, die Menge ihrer Attribute bestünde aus der Konjunktion der Negationen aller konkreten Eigenschaften: Das abstrakte Dreieck müßte eine Figur sein, die weder so, noch so, noch . . . etc. ist. Dagegen glaubte Berkeley, daß geometrisches *Sein* im *Perzipieren*, – Sinn und Wahrheit geometrischer Sätze – nur in sinnlicher Wahrnehmung begründet werden konnten.

Die geometrischen Figuren fallen vor allem durch ihre *Form* auf, was zur allgemein akzeptierten Meinung führte, das Auge wäre das einzige Sinnesorgan geometrischer Wahrnehmung. Das Auge vermittelt jedoch lediglich ein durch Projektion entstelltes, manchmal sogar völlig entartetes Bild, das perspektive Abbild der wirklichen Figur und ist so kaum geeignet, die soliden Wahrheiten der Geometrie – die die euklidische ist und offensichtlich auch nur die euklidische sein kann – zu begründen. Die geometrische Erkenntnis ist tangentiell zu ihrem Gegenstand, die geometrische Wahrheit ist im Tastsinn begründet. Die euklidische Geometrie ist eine *tastbare Idee* (§ 45).

Die Unhaltbarkeit von Lockes Konzeption nachzuweisen, erschien Berkeley relativ leicht, da Lockes Theorie – seiner Meinung nach – durch Aufweisung ihrer immanenten Inkonsistenz allein mit Hilfe einfacher logischer Regeln widerlegt werden konnte (§§ 122 – 125). Berkeley war sich jedoch darüber offensichtlich im klaren – seine Darlegung impliziert es –, daß es zu keinem logischen Widerspruch führen kann, wenn das perspektive Abbild automatisch mit dem gegenständlichen Dreieck identifiziert wird, dadurch, daß dasselbe Wort, z. B. „Dreieck ABC“, sowohl für die Bezeichnung des *Dreiecks ABC* als auch für die Bezeichnung seines perspektiven Abbildes „*Dreieck ABC*“ verwendet wird; daher auch die Schwierigkeit, das *Sichtbare* vom *Tastbaren* auseinanderzuhalten: „If the visible figure and extension be not the same with the tangible figure and extension, we are not to infer that one and the same thing has divers extensions. The true consequence is that the objects of sight and touch are two distinct things. It may perhaps require some thought rightly to conceive this distinction. And the difficulty seems not a little increased, because the combination of visible ideas hath constantly the same name as the combination of tangible ideas wherewith it is connected – which doth of necessity arise from the use and end of language“ (1709: § 49).

Da das perspektive Bild „*Dreieck ABC*“ auf dieselbe Weise seinen Ge-

genstand, das *Dreieck ABC* selbst repräsentiert und bezeichnet, wie z. B. das Wort „Adultery“ den Gegenstand *Adultery*, ist es durchaus sinnvoll, das Wort „*Adultery*“ mit demselben Namen „Adultery“ zu bezeichnen wie den Gegenstand *Adultery* (§§ 127, 143).

Nach langwierigen, divergierenden Argumentationen faßt Berkeley seine These abschließend kurz zusammen: „Though what has been said may suffice to shew what ought to be determined with relation to the object of geometry, I shall, nevertheless, for the fuller illustration thereof, take into my thoughts the case of an intelligent unbodied spirit, which is supposed to see perfectly well, *i.e.* to have of the proper and immediate objects of sight, but to have no sense of touch. Whether there be any such being in nature or no, is beside my purpose to inquire; it suffices, that the supposition contains a contradiction in it. Let us now examine what proficiency such a one may be able to geometry. Which speculation will lead us more clearly to see whether the ideas of sight can possibly be the object of that science“ (1709: § 153). Nachdem er seine körperlose Intelligenz darüber aufklärte, daß, *though they are called by the same names with the things marked by them*, wies sie Berkeley darauf hin, die von ihr benutzten geometrischen Ausdrücke würden *de facto* doch Gegenstände *of a nature entirely different* bezeichnen als die realen Objekte des Raumes (§ 158). Das, was sich die körperlose, rein optische Intelligenz unter seiner Geometrie vorstellt, existiert in der Wirklichkeit überhaupt nicht; was sie unter Geometrie versteht, ist keine. Berkeleys letzter Satz lautet: „By this time, I suppose, it is clear that neither abstract nor visible extension make the object of geometry; the not discerning of which may, perhaps, have created some difficulty and useless labour in mathematics“ (§ 159). Keine Geometrie kann eine *sichtbare Idee* sein (§ 49).

Die optische Intelligenz spricht zwar eine geometrische Sprache, doch bezieht sich ihre Rede auf keinen geometrischen Gegenstand. Die Kommunikation mit ihr führt zu Schwierigkeiten von rein linguistischer Natur: „This case is much the same as if we should suppose an Englishman to meet a foreigner who used the same words with the English, but in a direct contrary signification“ (§ 32). Die Lamentationen Berkeleys sind durchaus gerechtfertigt: „It is, indeed, no easy matter for us to enter precisely into the thoughts of such an intelligence; because we cannot, without great pains, cleverly separate and disentangle in our thoughts the proper objects of sight from those of touch which are connected with them. This, indeed, in a complete degree seems scarce possible to be performed; which will not seem strange to us, if we consider how hard it is for any one to hear the words of his native language pronounced in his ears without understanding them.“

The optical man spricht dieselbe Sprache wie Euklid, dennoch haben seine Wörter offensichtlich eine Semantik, *which is directly opposed to the true* (§ 32). Unter diesen Umständen ist der *native speaker* der euklidischen Sprache gezwungen „to put himself exactly in the posture of a foreigner that never learnt the language, so as to be affected barely with the sounds themselves, and not perceive the signification annexed to them“ (§ 159).

Wie lange vor Descartes die späteren griechischen Geometer zuweilen zur Einführung eines metrischen Bezugssystems in das extensive Universum der Figuren, auf dieselbe spontane Weise wurde auch Berkeley durch seine metageometrischen Spekulationen zur Erfindung eines begrifflichen Bezugssystems des geometrischen Universums geleitet, dessen Koordinatenachsen Axiome sind. Als *native speaker* seiner eigenen – für den euklidischen Sprecher zwar sinnvollen, dennoch unverständlichen – Sprache ist die optische Intelligenz zum kognitiven Subjekt der internen Geometrie seines eigenen *univers du discours* geworden: Der *optical man* versteht die Bedeutung seiner eigenen Sprache auf sein eigenes Wörterbuch bezogen.

Berkeley hat den *optical man* als kognitives Subjekt eines geometrischen Universums sorgfältig definiert. Er hat darauf hingewiesen (§§ 12–15, 38, 42), wie leicht es wäre, die perspektive Abbildung durch seine Einbettung in den Raum der Gegenstände mit projektivistischen Hilfskonstruktionen richtig zu interpretieren; doch, wie er wiederholt betont, für das innere Subjekt des visiblen Universums haben diese Hilfslinien höchstens eine imaginäre, streng genommen also überhaupt keine Existenz.

Im 19. Jahrhundert hat das kognitive Subjekt durch Helmholtz und Poincaré eine große Karriere gemacht und sich in der Darstellung der nicht-euklidischen Geometrie als äußerst nützlichem Bezugssystem erwiesen. Nicht für Berkeley. Für seine Konzeption hatte die Einführung der körperlosen Intelligenz verhängnisvolle Konsequenzen. Reid ist es gelungen, Berkeleys These mit Hilfe eines kognitiven Subjekts als metamathematisches Bezugssystem zu widerlegen.

Thomas Reids antieuklidische Vision: *The Geometry of Visibles*

Reid erkannte als erster, daß hinter der Distinktion von *tangible* und *visible* eigentlich zwei geometrische Welten einander gegenüberstehen. Durch Einführung eines Terminus für die Bezeichnung von *visible ideas* hat zwar Berkeley die Gesamtheit des *Sichtbaren* als selbständigen Gegenstand ausgezeichnet, diesen jedoch als Reich der optischen Illusionen gekennzeichnet. So blieb er bislang unerforscht. „Yet so little hath it been attended to, that it never had a name in any language, until Bishop Berkeley gave it that which we have used after his example, to distinguish it from the figure which is the object of touch.“

Im Gegensatz zu Berkeley war sich Reid dessen bewußt, daß die sichtbaren Ideen, die der Bischof von Cloyne in seiner neuen Theorie der Vision als onirische Visionen darzustellen versuchte, doch ein selbständiges Universum bilden, das mit derselben ontologischen Modalität ausgezeichnet ist wie die euklidische Welt des Tastbaren. Diese Erkenntnis führte Reid zwangsläufig zur Frage: „Since the visible figure of bodies is a real and external object to the eye, as their tangible figure is to the touch, it may be asked, whence arises the difficulty of attending to the first and the facility of attending to the last? It is certain, that the first is more frequently presented to the eye, than the last is to the touch; the first is as dis-

tinct and determinate an object as the last and seems in its own nature as proper for speculation.“ (1895: I 146).

Er war mit Berkeley auch in Hinsicht auf die linguistischen Kommunikationsschwierigkeiten derselben Meinung. Da jedoch Reid in Gullivers Begleitung (I 102) bereits zahlreiche exzentrisch bevölkerte Welten bereiste, fand er, daß mit Hilfe eines geeigneten Dolmetschers die Sprache der sichtbaren Ideen in die von ihm allein gesprochene euklidische Sprache verständlich übersetzt werden könnte.

Reid beauftragte seinen metaphysischen Geheimagenten, Johannes Rudolphus Anepigraphus, einen *Rosicrucian philosopher*, mit der Aufgabe, das transzendente Reich der *Idomenianer* zu explorieren, um dort *into the whole mystery* ihrer Geometrie einzudringen. Anepigraphus war dafür die geeignetste Person, da er *by deep study of the occult sciences, acquired the art of transporting himself to various sublunary regions, and conversing with various orders of intelligences*. Olympiodoros (*Codex Paris*. 618, fol. 193; Du Cange 1688: 1192) erwähnt ihn unter den berühmtesten Alchimisten und Magiern, bei den Griechen damals *Poieten* genannt: *Höre, o Freund, die Namen der Poieten: Plato, Aristoteles, Hermes, Demokritos, Zosimos, der Panopolit, Sofar der Perser, Sarapis der Große, Ostanes der Ägypter, Pelagios, Kleopatra und Anepigraphus der Philosoph*.

Die *Idomenianer* sind höhere Intelligenzen, eine Art Amphibien zwischen Mensch und Pflanze; Antropophyten, die aus dem Boden wachsen, wo sie mit tiefen Wurzeln befestigt sind; sie haben keine Beine, keine Hände, können sich nicht bewegen, sie können die Objekte nicht berühren oder anfassen. Doch sie können alles sehen: ihr Kopf ist ein Kyklopenauge, das unendliche Entfernungen erfassen und gleichzeitig nach vorne und nach hinten sehen kann. Ihre Gattungsbezeichnung ist aus dem griechischen Verb *εἶδω* abgeleitet, das simultan *sehen, erscheinen, wissen* bedeutet. Sie sind in der letzten Ausgabe (1978) von Leo Lionnis großem Nachschlagwerk des Fachs, *La botanica parallela* noch nicht erwähnt.

Nicht ohne Erstaunen, dennoch mit Genugtuung erfuhr Reid von den Pflanzenmenschen – *an order of beings exactly such as I have supposed* –, daß sie auf rein empirischem Weg eine äußerst bizarre, dennoch in sich konsistente Geometrie der visiblen Ideen entwickelten. (Die Vokabel *Geometrie* ist hier nicht nur theoretisch, auch historisch ungeeigneter Terminus: ihre Wissenschaft dürfte wohl *Eidopoiese* oder *Eidoplastie* – Abbildung oder aber *Eidologie*, Wissenschaft des *Sehens*, des *Scheins* heißen.)

Punkt, Gerade, Ebene, Winkel, Kreis, Kurve sind in dieser Geometrie genauso definiert *as in common geometry*. Wenn die *Idomenianer* das Phänomen *Gerade* aussprachen, gaben sie ihm dieselbe inhaltliche Erklärung wie Reid der Vokabel *straight line*. Allein den *Sinn* ihrer Sprache zu verstehen, dürfte wohl kaum schwierig gewesen sein. Dennoch wiesen die *idomenischen* Geraden bizarre *Eigenschaften* auf: Sie waren in sich geschlossen und besaßen unter allen Linien die maximale Länge; alle *idomenischen* Geraden sind miteinander in zwei Punkten inzident; zwei Geraden schließen einen Raum ein und bilden ein zweiseitiges Zweieck; sind zwei geradlinige Dreiecke untereinander ähnlich, so sind sie notwendiger-

weise auch gleich; die Winkelsumme ist in jedem geradlinigen Dreieck größer als zwei rechte Winkel; schneiden sich zwei Linien nicht, sind sie parallel – so kann höchstens die eine davon eine Gerade sein; nicht nur die Gerade hat eine endliche Länge – die maximale –, der ganze Raum ist in sich abgeschlossen und hat ein finites Maß: den maximalen Inhalt.

Der Inhalt dieser Sätze ist für unser euklidisches Verständnis durchaus zugänglich; sie sind alle mit Hilfe von Reid – und den *Idomenianern* gemeinsamen – Regeln der Logik aus den Axiomen der *sichtbaren Ideen* streng ableitbar. Für *Idomenianer* sind also alle diese Theoreme „geometrical conclusions built upon self evident principles“.

Offensichtlich ist der idomenische Raum eine Welt: Alles, was sichtbar ist, ist in ihr enthalten, der Blick der *Idomenianer* erfaßt die Totalität aller Dinge, das Bewußtsein eines jeden Subjekts enthält das ganze Universum und ist mit der Wissenschaft dieses Universums – der idomenischen Geometrie – identisch.

Es ist Reid nicht schwergefallen, den Text der idomenischen Geometrie zu verstehen und festzustellen, daß ihre Sätze auch in der Sprache der *common geometry* ausgedrückt werden können. Die Frage nach der Konsistenz ihrer Geometrie stellte sich für die *Idomenianer* ebensowenig wie für Reid die Frage nach der Konsistenz der *common geometry*. Wie die Konsistenz der letzten von Reids Erfahrungen und vom humanen *common sense*, ebenso war die Konsistenz der *idomenischen Geometrie durch die sinnlichen Erfahrungen der Idomenianer* und vom idomenischen *common sense* garantiert. Deshalb sind auch die idomenischen Sätze in bezug auf die geometrischen Figuren des idomenischen Universums „not less true nor less evident than the propositions of Euclid, with regard to tangible figures“.

Doch jemand, der die Sätze beider Geometrien vergleicht, stellt unmittelbar fest, daß sie sich gegenseitig widersprechen, „and that what he demonstrates to be true of the one, is not true of the other. This, perhaps, will seem so great a paradox even to mathematicians“, da im Falle der idomenischen Geometrie der Mathematiker Sätze beweisen kann, ohne an ihre Wahrheit zu glauben. Für einen idomenischen Geometer sind die *sichtbaren Ideen* kein sekundäres Zeichen eines primär gegebenen Gegenstandes; *it is no sign to him, because there is nothing signified by it*. Die *sichtbaren Ideen* selbst sind die primären Gegebenheiten seiner Geometrie – „and, therefore, we must suppose him as much disposed to attend to the visible figure and extension of bodies, as we are disposed to attend to their tangible figure and extension.“

Eines Rosenkreuzers Reise in das geometrische Reich der Idomenianer

Die *Idomenianer* sind *par excellence theoretische Wesen*, von ihrer Konstitution her ausschließlich zu einer *vita contemplativa* verdammt. Reid erfuhr Wichtiges auch über ihre theoretischen Ansichten im allgemeinen. Sie verfügen nicht nur über eine Geometrie und Arithmetik, sie haben auch

komplizierte Systeme in Physik und Metaphysik elaboriert. Merkwürdig: Während in den letzten beiden „they have had many disputes carried on with great subtilty and are divided into various sects“, weder in Arithmetik noch in Geometrie „there hath been no less unanimity than among the human species“, obwohl „their geometry differs very considerably“, von der, die für Reid als absolut wahr galt.

Während die Geometrie unangetastetes Vertrauen genoß, führten die philosophischen Streitigkeiten zum Skeptizismus. Die Skeptiker haben Erfolg gehabt. Triumph hat die idomenischen Skeptiker berauscht und – ein merkwürdiger Parallelismus mit den mobilen Hominiden – zu offensichtlichen Exzessen geleitet: Sie haben es sogar gewagt, ihren zerstörerischen Angriff „upon arithmetic, geometry, and even upon the common notions of untaught Idomenians“, zu richten. Mit unverhohlener Empörung erfuhr Reid, wie auf diese Weise „those systems which had been the work of ages, and the admiration of the learned, became the jest of the vulgar“.

Für Skeptiker hatte Reid nichts übrig. Zerstörerischen Zweifel an wohl-etablierten Denksystemen lehnte er aus moralischen Gründen ab. Möge die idomenische Geometrie ein *common nonsense* gewesen sein, für die *Idomenianer* bliebe dennoch die Wahrheit der untastbaren *visible ideas* untastbar.

Wohin hätte der Zweifel führen können?

Reid stellt die rhetorische Frage nicht. Die Vermutung liegt jedoch nahe, daß eines Tages ein idomenischer Reid es gewagt hätte zu behaupten, die Geometrie der Voyeure wäre nicht die einzig mögliche; Johannes Rudolphus Anepigraphus, ein *Rosicrucian philosopher*, simultaner Bürger mehrerer *kosmoi*, zugleich eine geometrische Amphibie, hätte ihn über fabelhafte *cheiraptische* Lebewesen – sie nannten sich *Menschen* – unterrichtet, die mit geeigneten Sinnesorganen ausgestattet sind, um geometrische Figuren und Körper abzutasten, und die auf diese Weise erfuhren, daß *die Winkelsumme in jedem geradlinigen Dreieck mit zwei rechten Winkeln gleich ist*.

Wie die humanen Wesen, die fest an die Unizität der Geometrie – selbstverständlich der euklidischen – glauben, hätten auch die *Idomenianer* die Glaubwürdigkeit *of the narrative of this learned traveller* in Zweifel ziehen und Johannes Rudolphus Anepigraphus – denselben in beiden Fällen – nach den hinreichend suspekten *external marks of his credibility* beurteilen können. Dennoch, so wie der schottische Reid bereits erkannte, daß es „would (. . .) be of small importance to inquire, whether the Idomenians have a real, or only an ideal existence“, – hätte auch sein idomenisches *alter ego* ebenso einsehen können: Es ist gleichgültig, ob humane Wesen in Wirklichkeit oder nur in den onirischen Fabulationen Johannes Rudolphus Anepigraphus' existieren. Möge der idomenische den geometrischen Wahrheiten des *schottischen* Reid widersprechen, er wäre mit dem *idomenischen* Reid darin sicher einig, daß die einzig „important question is whether the account above given, is a just account of their geometry and philosophy“?

Das Possesivpronomen *their* des Satzes behält in beiden Sprachen inva-

riant seine ursprüngliche und einzige Bedeutung: es bezeichnet jeweils *das Andere*.

Dem schottischen Reid blieb die konjekturale Tortur der Möglichkeit einer euklidischen Geometrie, womit ihn der *génie malicieux et rusé* eines idomenischen Reids hätte quälen können, erspart.

Ein guter Genius betritt nicht ganz unerwartet die philosophische Szene in Idomenien: *a person of great genius* erschien – berichtet Anepigraphus – eine Person, die die sterile Spekulation mit *accurate observation of the phenomena of nature* ersetzte. „In this he made considerable progress himself and planned out much work for his followers, who call themselves *inductive philosophers*.“

Mit Genugtuung erfuhr Reid von seinem Gesandten den Sturz des Bösen; ein leichter Akzent der Schadenfreude verlieh eine persönliche Note dem *matter-of-fact* Bericht des Rosenkreuzers: „The sceptics look with envy upon this rising sect as eclipsing their reputation, and threatening to limit their empire; but they are at a loss on what hand to attack it.“

Die induktive Philosophie behauptete sich durch Taten „and discovered many mathematical ratios and relations concerning the motions, magnitudes, figures, and overcoming quality of bodies, which constant experience confirmas“.

Genügsam verfolgte Reid den Bericht über den Sieg des Guten: Die induktive Philosophie hielt ihren triumphalen Einzug nach Idomenien und „the vulgar begin to reverence it as producing useful discoveries“.

Die Gefahr des Skeptizismus wurde abgelehnt. Dank der induktiven Philosophie konnte die Gewißheit eidologischer Wahrheit überzeugend bewiesen werden. Die idomenische Geometrie lag wieder auf festen, neu gesicherten Grundlagen.

Offensichtlich war Reid davon kaum gestört, daß die sorgfältige Beobachtung der Natur, Konsistenz und *self evident truth* sowohl die agrimensuralen Axiome Euklids als auch die eidoskopischen Theoreme der *Idomenianer* zu begründen imstande ist. Dies durfte ihm wohl nur als zusätzliches Argument für die Überlegenheit induktiven Raisonierens erscheinen. Er betrachtete seine Aufgabe damit als erfüllt, daß mit der Elaborierung einer *geometry of visibles* Berkeleys These mit einem Gegenbeispiel widerlegt werden konnte.

Ausgelöst von einer philosophischen These über den Ursprung geometrischer Erkenntnis, allein von der inneren Logik des dialektischen Disputs bestimmt und vom Recht auf Freiheit der Negation legitimiert, wurde auf diese Weise mit Absicht ein dem euklidischen entgegengesetztes geometrisches System entwickelt. Die verbale Dialektik der Kontroverse fällt hier mit der Dialektik der historischen Bewegung zusammen, die von der *ungeheuren Macht des Negativen* (Hegel 1841:4) getrieben ist, eine Macht, die für Reid sicher nur die Herrschaft des Bösen instaurieren konnte.

Verfasser des Systems war nicht Reid, sondern Anepigraphus, dessen Glaubwürdigkeit Reid mindestens so seriös in Zweifel zog wie später Erzbischof Whately die Vertrauenswürdigkeit der Berichte über die historische Existenz Napoleon Bonapartes. Reid hat den Rosenkreuzer Philoso-

phen dennoch u. a. deswegen eingeführt, um damit die Belanglosigkeit der anekdotischen Historie zu betonen: Ob Johannes Rudolphus Anepigraphus existierte oder nicht, ob er über Fakten berichtete, die er als Zeuge miterlebte, oder aber nur seine eigenen Lügengeschichten erzählte – das alles ist gleichgültig; ihr Ursprung, ob legitim oder nach bestehenden Gesetzen illegitim, kann nichts mehr an der Tatsache ändern, daß in Reids *Inquiry* die Theoreme einer *geometry of visibles* auf dieselbe Weise da sind und zu lesen sind wie die Theoreme der *common geometry* in Euklids *Elementen*.

Damit hat sich nebenbei gezeigt, daß die Entwicklung eines dem euklidischen entgegengesetzten Systems auch unabhängig vom *Parallelenproblem* nicht nur theoretisch möglich, sondern historisch auch verwirklicht worden ist. Es gibt also auch andere, nicht nur mögliche, sondern auch historisch wirkliche Wege in Richtung der nichteuklidischen Geometrie.

Im historischen Zug des Parallelenproblems wurde ein System entwickelt, in dem die Winkelsumme des Dreiecks *kleiner* ist als zwei rechte Winkel. Dieses System wurde auch von Gauß, Bolyai und Lobatschewsky als die erste eigentliche nichteuklidische Geometrie anerkannt. Das System der *geometry of visibles* wurde aus dieser Entwicklung eliminiert: Bereits seit Aristoteles' Zeiten konnte seine Inkonsistenz mit der absoluten Geometrie Bolyais wiederholt nachgewiesen werden. Der Widerspruch entsteht jedoch nur deswegen, weil gewisse Axiome der Gerade außer dem Geradesein *zusätzlich* auch die Eigenschaft der Endlosigkeit zuschreiben. Die Gerade der *geometry of visibles* ist jedoch zwangsläufig endlich lang und in sich geschlossen. Riemann hat 1854 zum ersten Mal eigentliche nichteuklidische Geometrien mit endlichen, in sich abgeschlossen Geraden, Ebenen und Räumen entwickelt. Die moderne Terminologie bezeichnet die beiden Geometrien mit den Termini *hyperbolisch* bzw. *elliptisch*.

Die theoretische und historische Signifikanz der englischen Entwicklungen besteht nicht zuletzt darin, daß hier ein antieuklidisches System entstand, dessen Unmöglichkeit auch von denjenigen behauptet wurde, die die Möglichkeit des hyperbolischen Systems sogar als eigentliche nichteuklidische Geometrie akzeptierten.

Arcana denudata: die idomenische Geometrie und ihr tellurisches Modell

Wie die Agrimensoren den Ursprung ihrer Geometrie, so kannte auch Reid den genauen historischen Ursprung der *geometry of visibles*. Es ist eine der banalsten Erkenntnisse der antiken Kosmographie, daß der dreidimensionale sichtbare Raum sich auf eine zweidimensionale Kugelfläche abbilden läßt. Auf diese Weise ist die sphärische Geometrie entstanden. Die Winkelsumme eines sphärischen Dreiecks ist zwar größer, dennoch ist ein sphärisches Dreieck offensichtlich keine geradlinige Figur. Ersetzt man das Wort: *Großkreis*, *Großkreisbogen* im Text der sphärischen Geometrie mit *Gerade*, *Geradenstrecke*, so werden sie zu falschen Theoremen der euklidischen Geometrie; sie sind dort nicht nur falsch sondern *absurd*, ihre logische Konjunktion mit dem Rest euklidischer Sätze ist inkonsi-

stent. Reid hat dennoch realisiert, daß die Konsistenz der sphärischen Geometrie die Konsistenz desjenigen Systems falscher euklidischer Theoreme garantiert, das durch linguistische Konversion aus der sphärischen Geometrie entstanden ist. Auf diese Weise entsteht eine *kontrafaktuale* Geometrie: Ein in sich konsistentes Satzsystem, abgeleitet aus einem Grundsatz – *die Gerade ist endlich und in sich geschlossen* –, der den bekannten *Fakten* zwar widerspricht, dennoch keinen immanenten Widerspruch in sich enthält.

Reid hat sich jedoch offensichtlich mehr gedacht mit seiner *geometry of visibles* als eine logische Übung für das Kapitel *korrektes Schließen aus falschen Hypothesen* zu geben. Die eigentümliche Signifikanz seiner *science fiction story* liegt jedoch in der Erkenntnis, daß – des artifiziellen, kontrafaktualen, spielerisch fingierten Charakters ungeachtet, – vom epistemologischen Standpunkt aus das so entstandene System doch eine *echte* Geometrie ist. Allerdings erscheint bereits mit dieser Einschränkung merkwürdig, daß das Kriterium epistemologischen Bestehens mit dem Kriterium der Wahrheit nicht identisch sein muß oder umgekehrt: Eine Geometrie, rein epistemologisch definiert, kann auch ein kontrafaktuales, falsches Satzsystem sein. Eben diese These gegen Berkeley zu behaupten, war der Sinn der Übung, womit Reid den Rosenkreuzer beauftragte.

Durch perspektive Abbildung des dreidimensionalen Sehraumes auf eine zweidimensionale Kugel entsteht an sich noch kein Modell einer eigentlichen nichteuklidischen Geometrie. Die interne echt-euklidische Geometrie eines begrenzten Bereichs des euklidischen Raumes kann dann und nur dann eine eigentliche nichteuklidische Geometrie *repräsentieren, darstellen* und so als ihr *Modell* bezeichnet werden – wenn ein nichteuklidischer Raum simultan mit dem euklidischen bereits eine ebenfalls reelle Existenz hat und aus denselben Grundobjekten *Punkt, Gerade, Ebene* konstituiert ist wie der euklidische. Dieser Schritt wurde von Reid nicht vollzogen.

Dennoch hat das, was er ohne es zu realisieren sogar *malgré lui* leistete, eine kaum überschätzbare Signifikanz. Das *Novum* in seinem Beitrag besteht darin, daß er der Geometrie ein kognitives Subjekt zuordnete und die vom kognitiven Subjekt und Objekt der Kognition gebildete Einheit zum Gegenstand seiner Betrachtungen machte. Die Eigentümlichkeit dieser Betrachtungsweise besteht in der dialektischen *Dualität* der Subjekt-Objekt-Relation. Die topologische Beziehung des Enthaltenseins wird an den beiden Polen umgekehrt: Das Subjekt enthält seine Geometrie in Form eines Universums in sich und das Universum enthält das Subjekt in Form seines eigenen Selbstbewußtseins. Das idomenische Universum existiert offensichtlich als selbständige Geometrie, nur weil ein *Idomenianer* gegeben ist, der es als sein Universum weiß; und das Subjekt der Kognition ist selbst antieuklidisch, weil sein Bewußtsein sich auf das Wissen des idomenischen Universums reduziert.

Die Welt ist die Sphäre des Seins. Ihr Zentrum ist überall, wo in ihr ein Subjekt anwesend ist. Jedes Subjekt ist ein Metakosmos der Kognition: alle seine Universa sind in diesem kognitiven Einbettungsraum enthalten.

Durch Einführung des geometrischen Subjekts ist die bis dahin verborgene Tatsache zum Ausdruck gekommen, daß die idomenische Geometrie ein Universum ist. Auf philosophischer Ebene führt Reids Beitrag zu demselben Ereignis wie Saccheris Theorem.

In umgekehrter Ordnung könnte man auch sagen, Reid hat erkannt, daß ein Teil des euklidischen Raumes – diesmal die Kugelfläche – eine vom Einbettungsraum logisch unabhängige sogenannte *interne* Geometrie hat. Ihre Unabhängigkeit macht es möglich, ein kognitives Subjekt der internen Geometrie zuzuordnen; zum eigenen Subjekt eines Universums wird es dadurch, daß der eventuelle Einbettungsraum, auch wenn dieser für *uns* existiert, für es keine Existenz hat. Alles, was effektiv existiert, ist das, was im Bewußtsein des Subjekts als positives Wissen, als Wahrheit da ist. Offensichtlich ist sein Bewußtsein mit dem Wissen des selbständigen Axiomensystems der internen Geometrie identisch.

Reid hat selber den Rosenkreuzer und die *Idomenianer* erfunden. Besser als irgend jemand anderer wußte er, daß sie fiktive Traumgestalten sind, was sie erzählen, ist alles falsch. Dieses Bewußtsein könnte auf ihn befriedigend wirken: Die von ihm bewußt fingierte antieuklidische Geometrie ist falsch, allein die euklidische ist wahr. Er könnte sich selbst gegenüber beruhigt sein, er war unverantwortlich gegenüber seinen Kreaturen. Der *Idomenianer* als kognitives Subjekt erzählte dem Rosenkreuzer Philosophen die Sätze seiner antieuklidischen Geometrie, und *alles*, was er sagte und sagen konnte, war sicher falsch, auch dann, wenn Anepigraphus selbst eine Fiktion war.

Pendant la partie rêve la conscience se reconstitue, mais comme non-euclidienne, notierte einmal Valéry (1958: IV 305). In der Tat, trotz des antieuklidischen Inhalts ihrer Theoreme stellte diese Geometrie für den vegetalen Intellekt der *Idomenianer* ebenso die natürliche und evidente Wahrheit ihres paradoxen, „than the propositions of Euclid“ für den normalen *commonsense* des menschlichen Verstandes dar.

Dennoch, was wäre dann geschehen, wenn ein *Idomenianer* Epimenides hieß und erkannt hätte, daß alles, was *Idomenianer* sagen, falsch ist? Was wäre geschehen, wenn Johannes Rudolphus Anepigraphus erkannt hätte, daß er nur eine *onirische* Gestalt ist, und wenn gleichzeitig den *Idomenianern* bewußt geworden wäre, daß sie von einer Traumfigur geträumte Wesen sind und alle diese *personaggi* auf die Suche nach ihrem *Autore* aufgebrochen wären? Reid konnte es sicher nicht ahnen, daß er unbewußt eher zum effektiven Täter einer Tragikomödie der Erkenntnis als zu einem Präkursoren der eigentlichen nichteuklidischen Geometrie geworden ist. Das antieuklidische *univers du discours* ist ein *kretanisches*.

Reid sah keinen Anlaß, die Axiome seiner eigenen Geometrie in Frage zu stellen. Wie einst der Held Borges' *Zirkulärer Ruinen* (1957:86) verstand auch Anepigraphus der Poiet, daß nicht nur seine idomenische Geometrie, *que lui aussi était une apparence qu'un autre était en train de rêver* und verschwand. Aufgewacht, erinnerte Reid sich nicht mehr an die Geometrie seines *onirischen* Raumes. Durch das Vergessen glaubte er, sie in das Nichtsein – woher er selber sie herausspringen ließ – wieder zurück-

gestoßen zu haben. So blieb die Unizität der Geometrie unangetastet und für Reid wohl auch die einzige Wissenschaft, wo es keine entgegengesetzten Systeme geben und so auch keine Kontroverse stattfinden kann: „It is in this science only that, for more than two thousand years since it began to be cultivated, we find no sects, no contrary systems, and hardly any disputes; or, if there have been disputes, they have ended as soon as the animosity of parties subsided, and have never been again revived. The science, once firmly established upon the foundation of a few axioms and definitions, as upon a rock has grown from age to age, so as to become the loftiest and the most solid fabric that human reason can boast.“

Es ist aus technischen Gründen der Argumentation deswegen auch sinnlos, sich mit jemanden auseinanderzusetzen, der die Wahrheit der euklidischen Axiome aus trotzigem Eigensinn leugnet: „Thus, it would be in vain to attempt the proof of a proposition in Euclid to a man who denies the axioms. Indeed, we ought never to reason with men who deny first principles from obstinacy and unwillingness to yield to reason.“

Nicht aus anderem Grund, nur aus reiner *charity*, fühlt er sich veranlaßt zuzugeben, daß dieser Fall theoretisch doch eintreffen dürfte. „When this happens, every man who believes that there is a real distinction between truth and error, and that the faculties which God has given us are not in their nature fallacious must be convinced that there is a defect or a perversion of judgment on the one side or the other.“

Einen Augenblick hat man das Gefühl, Reid hätte doch gefürchtet, daß die von seinem ebenfalls fingierten Gesandten erfundenen *Idomenianer* ihm eines Tages auf dem Erdboden begegnen werden, so lange und ausführlich erwägt er, wie er einen Gegner Euklids hätte abwehren können. Eine angemessene *Waffe* scheint ihm zu sein, den Gegner zu *ridikulisieren*; denn „which contradicts first principles are not only false but absurd; and to discountenance absurdity, Nature hath given us a particular emotion – to wit, that of ridicule – which seems intended for this very purpose of putting out of countenance what is absurd“. Daß es das Urteil dieser *lunatics* ist, das von *defect or perversion* behaftet ist, schien ihm doch offensichtlich zu sein, da „my conviction that the three angles of every plain triangle are equal to two right angles is irresistible“.

Diese Überzeugung ist ein Diktat des *common sense*, und *in matters of common sense the few must yield to the many* (1895: I 147-150, 249, 436-438). Es gibt keinen separaten Weg für Könige in die Geometrie; ihre Wahrheit liegt nicht zuletzt auf den Grundlagen demokratischer Mehrheit.

Wenn Reid und auch sein Schüler und Nachfolger, Dugald Stewart (1854) keine schlaflosen Nächte wegen den *Ideomeniaren* verbrachten, blieben sie von wachsamen Lesern nicht unbeobachtet. „But to what *purpose* would it have been to have taken any pains with the subject, when it can be of no possible *use*“, stellte Reids Kritiker, J. Priestley, die rhetorische Frage.

„No man who had any thing serious to attend to would ever think of it. I do not remember ever to have seen a more egregious piece of solemn triffling than“ Reids „account of the *Idomenians*“ – urteilte J. Priestley

(1774: 99 – 100). Ähnliche Bemerkungen sind auch bei Adam Smith anzutreffen.

Auch der anonyme deutsche Übersetzer, der Reids Werk als bestes Antidotum gegen Humes Skeptizismus empfahl (1782), zeigte sich in seinem *Vorbericht* von Reids geometrischem Exkurs enttäuscht: „Auch einzelne Stellen des folgenden Werkes verdienen vielleicht eine kleine Rüge. Man wird, unter andern, eine sogenannte geometria visibilium darin finden, welche H. R. der gemeinen Geometrie entgegenstellt, und deren Grundsätze er so vorträgt, als ob er glaubt, eine ganz neue Idee gefunden zu haben. Aber, genau zugesehen, ist diese Geometrie nichts, als die Perspectiv“; (1782: VIII).

Auch Kant war Reid nicht unbekannt (Breidert 1973). Neben Reids wird im Vorwort der *Prolegomena* auch Priestleys Name explizit angeführt. Sein Urteil über die Philosophie des *common sense* ist nicht besonders schmeichelhaft. Seine Bemerkungen im *Anhang* des § 13, besonders jedoch im letzten Kapitel (*Auflösung*), seine Polemik gegen die *falschen Freunde des gemeinsamen Menschenverstandes* (1971: III 117, 154 – 156, 248 – 250) zusammen mit Anspielungen auf ihre geometrische Erkenntnislehre vermitteln den Eindruck, daß die idomenische Geometrie der Anlaß seiner Irritation hätte sein können. Im übrigen war Kant – durch Vermittlung seines Freundes, des Hofpredigers und Mathematikers Schultz, vom Stand des Parallelenproblems und von gewissen antieuklidischen Ansätzen hinreichend unterrichtet, die er sarkastisch als *licentia geometrica* kommentierte (1971: III 307; vgl. Toth 1972: 43 – 47, 58 – 59).

Reids Gegner meldeten sich auch in Frankreich bald zu Wort. In seinem *Dictionnaire des sciences Mathématiques*, (1836: II 312 – 313), entwarf A. S. de Montferrière ein desolates Bild der *Philosophie des Mathématiques* in seinem Land. Keine der herrschenden Philosophien ist imstande „donner a priori la déduction de tous les principes des mathématiques, démontrer la nécessité de (ses) phénomènes, (...) en leur offrant pour base (...) une certitude supérieure et absolue“. In der durch die *stérile logomachine* von Condillacs Sensualismus oder Saint Simons Pantheismus ermüdeten philosophischen Öffentlichkeit erweckte Reids *philosophie du bon sens* neue Hoffnungen und gelangte zu großem Ansehen. Vielleicht könnte die Rettung von dieser Seite kommen, zumal Reid ein lebhaftes Interesse an den Problemen geometrischer Erkenntnis bekundete: „est-ce (...) à cette doctrine écossaise, pour laquelle un directeur de l'instruction publique voulait créer des chaires dans nos collèges, que nous irons demander la philosophie des mathématiques?“

Die Frage ist rhetorisch: Die schottische Doktrin „n'est encore que le *sensualisme* amené à son dernier développement“. Offensichtlich ist damit die Geometrie des idomenischen Sehraumes gemeint: „quant à cette doctrine écossaise (...) Reid nous apprendra, entre autres choses merveilleuses, que si l'homme était réduit au seul sens de la vue, il ne pourrait connaître que l'étendue superficielle à deux dimensions, et prendrait pour des lignes droites ce qui serait réellement des arcs de grands cercles tracés sur une surface sphérique dont le centre serait dans son oeil. Les triangles

qu'il considerait comme rectilignes pourraient avoir deux angles ou même les trois angles droits ou obtus. Ainsi la géométrie d'un tel homme serait toute différente de la nôtre: deux de ces lignes qu'il prendrait pour droites se rencontrant, par exemple, toujours en deux points, la notion de deux droites parallèles serait contradictoire pour lui. Au milieu de tant d'aberrations intellectuelles, doit-on donc désespérer de la philosophie?"

Quod non efficit non est: Das von Reid beschworene Gespenst wirkte. Während zur gleichen Zeit sich ganz andere Gespenster auf dem Kontinent herumtrieben, beunruhigte der ehemalige *poeta, operator chymicus* und *artium magnae atque hieraticae magister*, Anepigraphus der Philosoph – von dem Olympiodoros in seinem Kommentar zu Synesius' *Kallierga et theosebia* spricht – mit dem *Manifest* seiner geometrischen Utopien die theologisch-politische Szene der Britischen Insel.

Bereits in den dreißiger Jahren erregte die *idomenische Geometrie* in Frankreich die Aufmerksamkeit eines nicht geringeren Physikers und Mathematikers als André Marie Ampère. In seinem in Frankreich sehr populären *Essai sur la philosophie des sciences* (1834: 67) zog er die idomenische Geometrie heran, um damit die These des empirisch-sensualen Ursprungs der Geometrie mit einem zusätzlichen Argument zu bekräftigen: andere Erfahrung führe zur anderen Geometrie. „Il y a plus. Reid a montré que si l'homme était réduit au simple sens de la vue, ne pouvant dès lors connaître que l'étendue superficielle à deux dimensions, et prenant pour des lignes droites ce qui serait réellement des arcs de grands cercles tracés sur une surface sphérique dont le centre serait dans son oeil, les triangles qu'il considérerait comme rectilignes pourraient avoir deux angles ou même leurs trois angles droits ou obtus, et que la géométrie d'un tel homme serait toute différente de la nôtre, deux de ces lignes qu'il prendrait pour droites se rencontrant, par exemple, toujours en deux points, en sorte que la notion de deux droites parallèles serait contradictoire pour lui.“

Der großen Reputation und Autorität des Verfassers zum Trotz blieb der Hinweis auf die Möglichkeit einer anderen Geometrie in Ampères viel gelesenem Buch völlig unbeachtet. Doch nicht unbemerkt: Montferrière schrieb den Text Ampères wortwörtlich ab, – (das Werk Reids war in französischer Übersetzung zugänglich) – den wohlwollenden Kommentar des großen Physikers ersetzte er lediglich mit seiner *Verzweigung* über Reids intellektuelle Aberrationen. Auch drei Jahrzehnte später war es nicht Autorität – auch nicht einmal die von Gauß und Riemann, wie oft angenommen wird –, sondern ihr wissenschaftlicher Wert, ihre außerordentliche Relevanz, die der nichteuklidischen Geometrie zum Durchbruch verhalf.

Whewell: Konsistenz im Falschen – Gefahr für die Erziehung

Anders in England. In seinem äußerst einflußreichen Buch, *Thoughts on the Study of Mathematics as a Part of a Liberal Education*, 1837, wies William Whewell auf die unentbehrliche Rolle hin, die der Mathematik in der

allgemeinen Erziehung zukommt: „In reasoning, as in other arts, we are not masters of what we have to do, till we do it both well and unconsciously. Now, this advantage a judicious cultivation of mathematics supplies. It familiarizes the student with the usual forms of inference, till they find a ready passage through his mind, while anything which is fallacious and logically wrong at once shocks his intellectual habits and is rejected.“

Noch wichtiger ist jedoch die durch das Studium der Mathematik gewonnene Erkenntnis, „that all depends upon his first principles, and flows inevitably from them; – that, however far he may have travelled, he can at will go over any portion of his path and satisfy himself that it is legitimate; and thus he acquires a just persuasion of the importance of principles“.

Allein die Fähigkeit des logischen Schließens hat noch keinen erzieherischen Wert: „for the power of reasoning, however cultivated, can be of no use on any particular subject if we cease to be able to appreciate the just principles of the subject. To educate the logical power in such a way, would be to strengthen the cable but to lose the anchor.“

Sinn- und wertvoll kann die Einbeziehung der Mathematik in die allgemeine Erziehung nur dann sein, wenn sie als persuasives Argument für die Überzeugung benutzt wird, daß „there exist vast and solid edifices of truth, the foundations of which are not laid in the information which our external senses give us“.

Die Aufrechterhaltung dieser Überzeugung erweist sich als besonders wichtig in anderen Bereichen: „for in most other provinces of speculation the question is mainly what principle can be admitted and maintained; and it is only in few cases that we find long trains of continuous inference, in which considerable powers of mathematical deduction are brought into play.“

Unter diesen Umständen „it becomes an important question, how far the study thus recommended is justly chargeable with evil consequences“.

Die Gefahr ist kaum zu übersehen: „If, therefore, by the cultivation of mathematics, we impart false or inapplicable notions of the nature of first principles, at the same time that we teach men to reason well when the principles are given, our discipline is of imperfect character and of doubtful advantage.“

Wäre dem so, wäre es ratsam, auf die Mathematik als Bestandteil allgemeiner Erziehung völlig zu verzichten, da „such a kind of mathematics as I have mentioned be most likely thus to mingle evil with the good“.

Die Gefahr droht von der Seite einer Philosophie, die behauptet, daß die Prinzipien, die der Geometrie zugrundeliegen, nichts als *arbitrary definitions*, oder aber, daß die Axiome *borrowed from experience* seien und daß *mathematical truths depend ultimately upon the evidence of the senses*. Die Unhaltbarkeit solcher Konzeptionen ist auch Whewell offensichtlich, da die geometrischen Theoreme nicht aus einer willkürlichen Definition folgen (die z. B. der geraden Linie gegeben wäre), sondern aus der *act of mind by which we fix upon such definitions*, oder, was auf das Gleiche herauskommt, aus *our conception of space*. Als illustrierendes Beispiel zitiert

Whewell den Fall des Zweiecks: „The axiom that two straight lines cannot enclose space, is a self-evident truth, founded upon our faculty of apprehending the properties of space, and of conceiving a straight line.“ (1837: 141 – 145).

Die *geometry of visibles* ist von Whewell explizit nicht angeführt. Daß er Reid kannte, liegt außerhalb jeden Zweifels. Reid war dennoch nicht der einzige, der die Geometrie auf sinnliche Erfahrung zurückzuführen versuchte. In England war jedoch nur ein einziger Fall bekannt, wo aus einer falschen Prämisse ein relevantes, inhaltsreiches Satzsystem mit Hilfe korrekter Inferenz hergestellt wurde: die *geometry of visibles*. Die besondere Betonung der Gefahr, die eine korrekte Inferenz aus falschen Prinzipien darstellt, läßt vermuten, daß Whewells akute Befürchtungen von der idomenischen Geometrie ausgelöst wurden. Die Vermutung erscheint plausibel. Sein unter dem verführerischen Titel *Of the Plurality of Worlds* anonym publiziertes *Essay* besteht wesentlich aus einer Argumentation gegen eine echte Pluralität von Welten. Seine Beispiele sind offensichtliche Widerlegungen des Berichts von Johannes Rudolphus Anepigraphus: „There may be, in Jupiter, creatures endowed with an intellect which enables them to discover and demonstrate the relations of space; and if so, they cannot have discovered and demonstrated anything of that kind as true, which is not true for us also; their Geometry must coincide with ours, as far as each goes.“ Das gleiche betrifft auch die Bewohner des Mondes: „Wherever pure intellect is, we are compelled to conceive that, when employed upon the same objects, its results and conclusions are the same. If there be intelligent inhabitants of the Moon, they may, like us, have employed their intelligence in reasoning upon the properties of lines and angles and triangles; and must, so far as they have gone, have arrived, in their thoughts, at the same properties of lines and angles and triangles, at which we have arrived.“ Die Invarianz und Unizität geometrischer Wahrheiten aller Planeten und Welten führt zwangsläufig zum Schluß: „In such an event, curious and striking as it would be, we should see nothing but what we could understand and accept, without unsettling our belief in the Supreme and Divine Intelligence.“ (1843: 31,32).

Kelland: antieuklidische Übungen in einem schottischen Seminar.

Whewells Thesen haben auf die Auseinandersetzungen der folgenden Jahrzehnte eine in beiden Richtungen vitalisierende Wirkung ausgeübt: sie stimulierten und irritierten.

Ein Jahrzehnt nach der Publikation Whewells begann Philipp Kelland – Theologe und Professor für Mathematik an der Universität Edinburgh –, aus rein erzieherischen Gründen seltsame logische Übungen mit seinen Studenten durchzuführen.

Unmittelbar vom *Parallelenproblem* angeregt, untersuchte Kelland die logischen Folgerungen einer antieuklidischen Hypothese: „Let us now examine the consequences of assuming as true the following *Axiom*. *The three angles of every triangle are together less than two right angles.*“

Sein Vorhaben war: „What I mean by this statement is that I am about to start with the assumption, as though it were an axiom, of that very problem the incorrectness of which it is the object of future geometers to demonstrate, and by a purely logical process, to ascertain whither those false premises (if they be false) shall lead me. I am much mistaken if those who give themselves the trouble to examine the argument do not find it both interesting and instructive. So far as I know, it has never yet been developed in this country.“

Im Jahr 1864 publizierte er die Ergebnisse: insgesamt zwanzig antieuklidische Sätze, ein Teil der Theoreme, die bereits ein Jahrhundert vorher Saccheri und Lambert gefunden und bewiesen haben. Dennoch sind die von Kelland publizierten Theoreme im Klassenzimmer entstanden, wo sie zwei Jahrzehnte lang *repeated subject of Lectures and Essays* waren; die meisten davon *are due to my students*. Kelland publizierte seine Theoreme, nachdem er von Lobatschewskys *Géométrie imaginaire* (1837) erfuhr. Er hat sie niemals gesehen, war darüber lediglich vom Hörensagen informiert. Er zitiert Lobatschewskys Arbeit unter dem vermeinten Titel: *Imaginary or Impossible Geometry* – eine verballhornte Neuformulierung, die bereits einer Interpretation gleichkommt. „I have never met with any statement of the propositions which the author deduced from this hypothesis: but I have been accustomed, from time to time, to draw conclusions from the hypothesis, and to induce my students to follow my example, so that from one source and another I believe I am in possession of most of those conclusions which are likely to bear on the theory of parallels.“ Er fand diese Theoreme *curious in themselves*, da sie auf *the limits of our knowledge* in der Theorie der Parallelen hinweisen (1864: 433 – 436).

Whewells Aufsätze waren Kelland bekannt (1843: 7). Wahrscheinlich hat er jedoch von der *geometry of visibles* nichts erfahren. Dennoch sind seine pädagogischen Experimente offensichtlich in einer allgemeinen Atmosphäre entstanden, wo der Übung des logischen Schließens aus falschen, kontrafaktualen Hypothesen ein großer erzieherischer Wert beigegeben wurde. Dies kann auch mit den Übungen belegt werden, die in der sehr populären *Logik* des Erzbischofs Whately zu finden sind, (1844: 362 – 367).

A Barrister: Advokat alternativer geometrischer Erfahrung

Mansels Angriffe auf die Möglichkeit anderer Erfahrungen und anderer Geometrien haben eine plötzliche Rückwendung der Aufmerksamkeit auf die *Geometry of visibles* ausgelöst.

Unter dem Pseudonym *A Barrister* publizierte die *Saturday Review* 1860 einen polemischen Aufsatz gegen Mansels Enzylopaedie-Artikel unter dem Titel *Mr. Mansel's Metaphysics*. Eine der Thesen Mansels betraf die *necessary truths*, die nicht einmal *by exertion of omnipotence* verändert werden könnten. Barrister empfahl dem Verfasser der *Metaphysics*: „Let Mr. Mansel consider this case. There is a world in which two straight lines should be universally supposed to include a space. Imagine a man who

had never had any experience of straight lines through the medium of any sense whatever suddenly placed upon a railway stretching out on a perfectly straight line to an indefinite distance in each direction. He would see the rails, which would be the first straight lines he ever saw, apparently meeting, or at least tending to meet, at each horizon; and he would thus infer, in the absence of all other experience, that they actually did inclose a space, when produced far enough. Experience alone could undeceive him. A world in which every object was round, with the single exception of a straight inaccessible railway, would be a world in which every one would believe that two straight lines enclosed a space.“

Das Zitat entbehrt nicht einer gewissen Ironie: Es ist die ausführliche Form des Beispiels, das von Mansel selbst als Paradigma der *inconceivability* angeführt wurde. Das unfaßbare Zweieck erwies sich eher als dialektische Waffe einer philosophischen Selbsttötung für Mansels These: „In such a world, therefore, the impossibility of conceiving that two straight lines can enclose a space would not exist; and Mr. Mansel rests his conclusion, that straight lines, could not under any circumstances enclose a space, on the impossibility of conceiving that they should do so.“ (1862: 332–334).

In seiner Streitschrift gegen *Sir William Hamilton's Philosophy* unterwarf Mill den bereits von Hamilton benutzten Begriff der *Unfaßbarkeit*, in der Form wie dieser von Whewell, jedoch besonders von Mansel auf geometrische Sätze angewendet wurde, einer scharfen kritischen Analyse.

Dennoch ging es ihm nicht um Geometrie. Er war leidenschaftlich. Sein Gesamturteil über Dr. Mansels *doctrine* lautete, sie sei *simply the morally most pernicious doctrine now current* (1979: 90).

Er war mit seinen Gegnern einverstanden, daß die den euklidischen entgegengesetzten Behauptungen für uns unfaßbar seien: „We cannot represent to ourselves time or space as having an end. We cannot represent to ourselves two and two as making five; nor two straight lines as enclosing a space. We cannot represent to ourselves a round square.“

Die Quelle der Unfaßbarkeit sei jedoch nicht die absolute Notwendigkeit der euklidischen Wahrheiten, sondern die Erfahrung: „These things are literally inconceivable to us, our minds and our experience being what they are. Whether they would be inconceivable if our minds were the same but our experience different is open to discussion.“

Würden wir oder andere Lebewesen andere Erfahrungen haben, „we should probably have no difficulty in putting together the two ideas supposed to be incompatible, if our experience had not first inseparably associated one of them with the contradictory of the other.“

In der Tat, „that the reverse of the most familiar principles of arithmetic and geometry might have been made conceivable, even to our present mental faculties, if those faculties, had coexisted with a totally different constitution of external nature, is ingeniously shown in the concluding paper of a recent volume, anonymous, but of known authorship. *Essays by a Barrister*.“

Als Beleg zitiert er die oben bereits angeführte Passage aus dem Aufsatz,

Mr. Mansel's Metaphysics – anonymous, but of known authorship. Nicht nur die Identität der Person, die sich hinter dem Pseudonym *Barrister* verbarg, war ihm bekannt, auch die Quelle seines Argumentes war Mill wohl vertraut. Er zitiert sie ausführlich: „*The Geometry of Visibles* aus Reids *Inquiry of the Human Mind*.“

M'Cosh: Verteidigung der Fundamental Truth in Geometrie

Bald darauf hat sich zur *Defence of Fundamental Truth* James M'Cosh, damals, 1866, Professor für Logik und Metaphysik am *Queen's College*, Belfast, später Präsident des *New Jersey College*, Princeton, gemeldet. In seiner *Examination of Mr. J.S. Mill's Philosophy* empörte er sich über die Allegationen des Anonymen, der Mill unerwartete Dienste leistete und deswegen auch seine Benediktion erhielt. Er unternahm Reids Verteidigung. Ungern sah er ihn als Zeugen für seine Konzeption angeführt – Relativität moralischer und geometrischer Wahrheit –, die der schottische Philosoph verabscheute; die *Geometry of visibles* war offensichtlich ein Scherz von Thomas Reid. „Reid who was a man of humour and addicted to mathematics, amused himself and relieved a dry discussion by drawing out a *Geometry of visibles*.“

Offensichtlich ist es M'Cosh entgangen, daß zwei Jahrzehnte vorher, 1846, in Leipzig unter dem Pseudonym Dr. Mises ein Buch, *Vier Paradoxa*, mit vier Kurzgeschichten veröffentlicht wurde. Die zweite Geschichte erzählt die witzige Eskapade des Autors in die vierte Dimension des Raumes. Bei Naturforschern und bei Philosophen *wird eine vierte Dimension des Raumes schwerlich je Anerkennung finden*, – schließt Dr. Mises die Konklusion seiner gescheiterten Versuche, Naturforscher und Philosophen zu überzeugen. Erfolg erhofft er sich nur „von seiten derer, die alles auf den praktischen Nutzen beziehen, wenn wir ihnen zeigten, was sich alles mit einer Dimension des Raums mehr anrichten ließe“. Der Rest der Geschichte beweist, wie unerwartet vernünftig die Pragmatiker der vierten Dimension sein können.

Unter dem belletristischen Decknamen Dr. Mises versteckte sich G.T. Fechner, Begründer der experimentellen Psychophysik.

Das Jahrhundert des *common sense* verfügte nicht über den notwendigen *sense of humor*, um die Originalität und Seriosität einer wissenschaftlichen Idee erfassen zu können, die der Form nach zum literarischen Genre der Humoreske gehört: Reids *Geometry of visibles* blieb ein uninterpretierbares Hapaxlegomenon der Wissenschaftsgeschichte.

Auch war M'Cosh der Meinung, Reid hätte in Form einer Humoreske etwas vermitteln können, was seinem Inhalt nach ein Scherz ist: witzige Folgen falscher Annahme – eine amüsante Übung. „Give a mathematician such a false assumption as that matter attracts other matter inversely according to the distance (and not the square of the distance), and he might construct from it an imaginary world, every part of which would be in agreement with every other, but no part in accordance with the reality of things. It ist imaginable that the truth which man discovers is all of this

description: a consistency between an unfounded hypothesis, and the results following from it according to the laws of our ideas.“ Eine derartige Konstruktion für Wahrheit zu halten, kann nur jemand wie Mill: „but such consequences can be admitted only by those who deny the mind all power of knowing the nature of things“. Aus Mills *doctrine of nescience and relativity* folgt auch die richtig humorvolle Konsequenz, daß „the mathematics taught in Cambridge may differ in their fundamental principles from those taught in the corresponding university of the planet Jupiter; where two and two may make five, where two straight lines may enclose a space, and where the three angles of a triangle may be more than two right angles“.

Es gibt zwar kontingente Wahrheiten, es ist nicht *selfevident that crows are black*; es könnte auch sehr gut *weiße Raben* geben, z. B. *in any other world which God has made*. Doch keine antieuklidischen Dreiecke oder Zweiecke. Nicht sinnliche Erfahrung, die innere, reine Anschauung zwingt uns, die Wahrheit der euklidischen Sätze unmittelbar einzusehen: „A triangle being a figure with three angles, I need no experiments to convince me that one of the angles being a part is less than the whole, and that the three angles make up the whole. I may never have tried whether I could enclose a space by two straight lines: I do not require to try it, for I see it at once.“

Wer das Gegenteil behauptet, verwechselt Gerade mit Kurve: „And I would declare of any apparent or professed attempt to make them form a closed figure, that it must involve some deception, and that the two lines cannot be straight.“

Es ist auch höchst unwahrscheinlich, daß das System des Falschen sich konsistent aufrechterhalten könnte: „That there should be such consistency in total error, or in a mixture of truth and error, is scarcely believable, we could account for it only on the supposition that it was produced by a mischievous deity, who wished so to deceive us that we could never discover the deception.“

Das Gefühl der Notwendigkeit, womit in unserem Bewußtsein das Wahrnehmen euklidischer Wahrheiten begleitet ist, ist ein Beweis dafür, daß *the Creator and Ruler of our World is a God of Truth*. Reid, Hamilton, aber auch Kant – *this last of the great Scottish metaphysicians* – glaubten an eine einzige, ewige, notwendige Wahrheit. Doch Mills Behauptung impliziert „that man can reach no truth which might not be falsehood in other circumstances“.

Und dieser *ingenious gentleman*, der sich hinter dem Decknamen *Barri-ster* versteckt, weiß mit seinen geometrischen Beispielen nichts Besseres anzufangen: „except that he thought they were fitted to lessen our assurance of the certainty of objective truth“.

Mill hält ihn zwar für *an able and highly instructed contemporary thinker*, – *maltreated by so great a number of critics* (vgl. 1979: 72) – dennoch ist er nicht einmal vom Fach, und er selber *did not profess to be a metaphysician* (1866: 209 – 211, 221, 251 – 252, 352 – 357; 1868: 460).

Die Mill wohl bekannte Identität des Verfassers, der die antieuklidische

Geometry of visibles gegen die Metaphysiker des Absoluten ins Feld führte, dürfte wohl auch M'Cosh vertraut gewesen sein. Er war tatsächlich kein Philosoph, sondern – wie Schweikart, Taurinus, Cayley und Sylvester (im übrigen wie auch Heinrich Heine) – Jurist, doch nicht wie diese war er einer der damaligen Großmeister des Fachs und bekannter liberaler Politiker: Sir James Fitzjames Stephen. Als Student des *Trinity College* bewies er glänzende mathematische Fähigkeiten, dennoch hat er die juristische Karriere gewählt und ist als Verfasser wichtiger Werke des Strafrechts bekannt geworden. Später wurde er *Legal Member* des *Council of India* – eine Art Justizminister der ersten indischen Regierung, und in dieser Eigenschaft auch Hauptverfasser des indischen Grundgesetzes. Ein Anhänger von Pierre Bayle und Voltaire, war er auch korrespondierendes Mitglied des *Institut de France*. Nach seiner Rückkehr aus Indien, 1872, schaltete er sich wieder in die Kontroverse ein. Sein Hauptgegner war diesmal Dr. Ward.

The Dublin Review: Euklidische Geometrie und christlicher Glaube

Ward übernahm 1868 die Leitung der *Dublin Review* und machte daraus eines der kombattivsten und intransigentesten Organe der *ecclesia militans*.

1864 verkündete Papst Pius IX. die Enzyklika *Quanta Cura*. Ein entschiedener Gegner der Revolution von 1848 und des *Risorgimento*, war er um den Zerfall der alten gesellschaftlichen Ordnung besorgt und erblickte in den großen Geistesströmungen der Wissenschaften und der Philosophie des 19. Jahrhunderts einen Faktor der Zerstörung. In einem *Syllabus* zur Enzyklika wurden die achtzig *errores nostrae aetatis* in zehn Kapiteln geordnet aufgezählt, u.a. Pantheismus, Naturalismus, Kommunismus, Sozialismus, Rationalismus, Liberalismus.

Bereits vor der Veröffentlichung dieser Enzyklika wandte sich der Papst 1863 an den Erzbischof von München und bat ihn, eine kombattivere Haltung einzunehmen gegenüber denjenigen Philosophen und Wissenschaftlern, die im Namen der Freiheit der Wissenschaft eigentlich eine zügellose Willkür (*effrenata licentia*) walten ließen. Als willkürliche Anmaßung wurde Kritik an folgenden Themen verurteilt: Glaubenssätze der Kirche, päpstliche Erlasse, Dekrete der Index-Kongregation, die öffentliche Meinung in der katholischen Kirche usw. Öffentlich verurteilt werden sollten alle wissenschaftlichen Werke, die mit diesen Vorschriften unvereinbare Meinungen (*sententiae*) enthalten, die kühne, neue oder unerhörte (*temerariae, novae et inauditae*) Ideen verkünden, die Ketzer mit ehrenden Bezeichnungen (*honorifica*) erwähnen usw. Bereits die erste Sitzung des 1870 einberufenen Vatikanischen Konzils hat Atheismus, Materialismus und Rationalismus feierlich verdammt. Die letzten drei einstimmig beschlossenen *Canones* handeln vom Glauben und von der Vernunft und enthalten unter anderem folgende Beschlüsse: *Wenn jemand behauptet, die menschlichen Wissenschaften seien mit solcher Freiheit zu behandeln, daß deren Behauptungen, auch wenn sie der geoffenbarten Lehre widersprechen, doch als*

wahr festgehalten werden und von der Kirche nicht proskribiert werden können – der sei verflucht; wenn jemand behauptet, es könne geschehen, daß den von der Kirche aufgestellten Glaubenssätzen irgendeinmal gemäß den Fortschritten der Wissenschaft ein anderer Sinn untergelegt werde als der, in welchem die Kirche sie verstanden hat und versteht – der sei verflucht. Dasselbe Konzil hat im übrigen auch das Dogma der Infallibilität des Papstes verkündet (Philos. Monatshefte 1872: 278 – 279).

Dr. Ward wurde zum Verfechter der Orthodoxie in *partibus infidelium*.

Wie einst Mill in Sir William Hamilton, sah Ward seinerseits in Mill „one of the pillars, and in this country from his high philosophical reputation the chief pillar, of that one of the two which seemed to me to be erroneous“. (Mill 1971: 162). Mill vermied in seinen Darstellungen jede Unklarheit, die zu Zweideutigkeiten, verwischten Interpretationen hätten führen können; er war klar, scharf, kombattiv, kompromißlos, intransigent und einflußreich: der ideale Gegner, ein *philosophical radical*: „We shall throughout consider Mr. Mill our chief antagonist; as being at once by far the ablest and by far the most highly esteemed of English phenomenists. We consider it indeed a singular benefit to the cause of truth, that we have to contend with one, so singularly clear in statement, accessible to argument, and candid or rather generous towards opponents. And we should add, both as a farther benefit to truth and as a peculiar attraction to ourselves, that he is always so intensely in earnest; that he regards philosophy as no mere matter of otiose speculation – as no mere instrument of intellectual drill and intellectual excitement – but as all important in its bearing on man’s daily life and practice.“ (Ward 1871a: 44).

Dadurch war Wards Aufgabe zwangsläufig definiert: gegen Mill und seine Anhänger die Idee des christlichen Gottes zu verteidigen: „No other inquiry can be imagined so pregnant with awful consequences, as the inquiry whether a Personal God do or do not exist. It is this very doctrine (as we have more than once explained) which we are vindicating in our present series of articles.“ (Ward 1873: 4); und in Hinsicht auf die theoretische Begründung von Gottes Existenz stellt Ward fest, daß „among the earliest and most essential steps in this argument, is the thesis that certain truths are cognizable by mankind as *necessary*“; (Ward 1875: 527).

Jedoch Mill „accounted the controversy between intuitionism and phenomenism far more fundamental than any other, in matters no less of social than of strictly philosophical speculation; and he accounted the discussion on the necessary character of mathematical axioms to be the very turning point of this controversy.“ (Ward 1874a: 15). Ward stimmt in dieser Hinsicht mit Mill überein: „Now the proposition that there exists a vast body of necessary truth, may well be (as we are convinced it is) a vitally important philosophical preface to the *further* proposition, that there exists a Necessary Person. But (...) the doctrine that there exists a vast body of necessary truth, is so starteing a priori and is pregnant also with consequences, so momentous, that the philosopher will require absolutely irresistible evidence before he will accept it.“

Deswegen teilt er auch ohne Vorbehalt Mills Ansicht: Die Problematik

notwendiger Wahrheit gewinnt durch ihre über die Grenzen abstrakter philosophischer Spekulationen weit hinausgehenden Implikationen eine bedeutende sozial-politische Relevanz und die dadurch entstandene akute Gefahr emotioneller Entgleisung der Argumentation verlangt erhöhte Wachsamkeit, um die Diskussion *sine ira et studio* austragen zu können: „It is most desirable therefore that it shall be considered, as far as may be, on its own merits; that it shall be detached from other topics, on which mens' affections, antipathies, misapprehensions, prejudices, will inevitably obscure and complicate their judgment.“

Es ist deswegen erforderlich, einen möglichst wertfreien, gegen subjektive Werturteile und menschliche Leidenschaften weitgehend gesicherten Bereich zu finden, wo die entgegengesetzten Thesen exemplarisch belegt oder widerlegt werden können. Auch in der Auswahl des entscheidenden Gegenstandes ist Ward derselben Ansicht wie Mill: „Now just such a neutral ground is afforded by *mathematical* truth; and we placed it therefore in the very front of our controversial position. It affords an excellent opportunity for considering the characteristics of necessary truth as such, because no one can have any religious or moral prejudice for or against any given mathematical theorem.“

Ward war seit 1834 *Fellow of Balliol College* in Oxford und *lecturer in mathematics and logic* bis 1845, als er wegen seiner Konversion zum Katholizismus mit Entzug seiner Titel abgesetzt wurde. Bereits während seiner Studentenjahre ist er bekannt geworden sowohl wegen seiner heftigen Aversion gegen jeglichen Liberalismus als auch wegen seiner außerordentlichen mathematischen Fähigkeiten. Er befand sich in keiner Zwangslage, als er Mills Herausforderung akzeptierte, das politico-theologische Duell mit mathematischen Waffen *more geometrico* auszutragen. „I think there is no other field on which this battle can be so decisively fought out as that which I chose: (...) the field of mathematical truths.“ (Ward 1875: 537). Sah Mill in der Mathematik die *Festung*, in die sich der von ihm bekämpfte Glaube an *Festigkeit* ewiger Wahrheiten zurückgezogen und verschantet habe, so konnte ihm Ward nicht nur *by parity of reason*, wie er behauptete, sondern auch wegen seiner Erfahrungheit im Umgang mit geometrischem Schießpulver in aller Ruhe antworten: „If we maintain it in these, we maintain it in its stronghold.“ (Ward 1874a: 15).

Im Gegensatz zum protestantischen Mansel – inzwischen Dekan der Kathedrale St. Paul in London geworden – war für den katholischen Ward *Unfaßbarkeit* kein erkenntnistheoretisches Kriterium für Unwahrheit: „We think there *are* propositions, which may most fitly be called inconceivable and unthinkable, yet which all Theists regard as undubitably true. We refer to religions *mysteries*.“ (Ward 1871a: 57).

Dreieckiges Dreiseit und göttliche Omnipotenz

Um das Problem göttlicher Allmacht in Geometrie und Moral ist es 1874 auch in einer *private society* zur leidenschaftlichen Diskussion gekommen. Eines der oft verwendeten Beispiele des Dr. Ward wurde dort nach einem

in der *Dublin Review* 1871 gegen Mill publizierten Artikel ausführlich zitiert: „Take for instance the axiom, that all trilateral figures are triangular. If, by my very conception of a trilateral figure, I know its triangularity, – and if (...) the avouchment of my faculties corresponds infallibly with objective truth, – then I know infallibly that a trilateral nontriangular figure is an intrinsically repugnant chimera; that in no possible region of existence could such a figure be found; that not even an Omnipotent Being could form one. All these are obvious and undeniable consequences of the fundamental proposition, that, by my very conception of a trilateral figure, I know its triangularity: and to admit therefore this fundamental proposition, is to admit that the triangularity of all trilateral figures is cognizable as a self-evidently necessary truth.“

Das *dreieckige Dreiseit* gehörte zu Wards Lieblingsbeispielen. Die Figur war für den Zweck einer Diskussion zwischen mathematischen Laien mit taktischem Geschick gewählt. Daß *jedes Dreieck auch drei Seiten hat*, ist nicht nur offensichtlich, sondern bereits aus den Axiomen der absoluten Geometrie trivial beweisbar. Die Umkehrung des Satzes scheint jedoch ebenso selbstverständlich zu sein: *Jedes Dreiseit ist ein Dreieck* und besitzt also *drei Winkel*. Ein Philosoph und Mathematiker, wie ein Leibniz, behauptete ohne Vorbehalt dieses Theorem als eine evidente Wahrheit: *Omne triangulum esse trilaterum. Et vicissim: Omne trilaterum esse triangulum* (Leibniz 1903: 322). Es ist zweifelsohne ein Zeugnis von Wards ausgezeichneten mathematischen Fähigkeiten, daß er erkannte, der Satz: *jedes Dreiseit ist ein Dreieck*, ist keine logische Folge der reziproken Aussage. Er bezeichnete den von ihm zitierten Satz mit einem Terminus Hamiltons als *ampliative truth*: das Attribut *Dreieck* ist im Subjektbegriff *Dreiseit* nicht enthalten, doch sei *such a predication a self-evidently necessary proposition*. Offensichtlich entspricht *ampliative truth* dem Kantschen Begriff des *a priori* wahren synthetischen Urteils. „So far is it from being true that *triangular* is part of what is expressed by the word *trilateral* – that on the contrary I have comprehended the *whole* of what is meant by *trilateral*, before I have so much as asked myself the question, whether a trilateral figure has three angles or any angle at all.“

Ward betrachtete den Satz als unbeweisbar und bezeichnete ihn folgerichtig mit dem Terminus *Axiom*. Der von ihm benutzte Begriff der Beweisbarkeit war nicht hinreichend scharf definiert. In Wirklichkeit ist der Satz in der euklidischen Geometrie streng beweisbar, unbeweisbar ist er nur in der absoluten Geometrie. Ist nur die absolute Geometrie gegeben, so ist es durchaus legitim, dem Satz: *jedes Dreiseit ist ein Dreieck*, das Metaprädikat *Axiom*, gleichzeitig den logischen Wert *wahr* zuzuordnen und den Axiomen der absoluten Geometrie hinzuzufügen. Durch diese konsistente Erweiterung wird dann die euklidische Geometrie entstehen. Doch war Dr. Ward die absolute Geometrie unbekannt. Um so höher ist seine Leistung zu bewerten. Bereits in der absoluten Geometrie darf also nicht behauptet werden, ein *jedes Dreiseit* wäre automatisch ein Dreieck. In den antieuklidischen Systemen gibt es effektiv dreiseitige Figuren, die keine Dreiecke sind. Die Existenz einer solchen Figur ist die unmittelbare Kon-

sequenz aus einem von Reid zitierten Satz der idomenischen Geometrie: Dort gibt es Figuren mit drei geradlinigen Seiten, die z. B. vier Ecken haben (sogar noch mehr); es ist wahr, eine der Ecken ist *uneigentlich*, da ihr Winkelmaß mit zwei rechten Winkeln gleich ist, was theoretisch belanglos ist. Doch bereits in dem von Saccheri und Lambert etablierten antieuklidischen System gibt es Figuren mit einem finiten Inhalt, die von drei geradlinigen Seiten begrenzt und die untereinander parallel sind; die drei Seiten schneiden sich nicht – die Figur hat *keine* Eckpunkte. Zwar nicht in Saccheris, jedoch im antieuklidischen System der *Idomenianer* existiert auch die andere, durch ihren abscheulichen Namen besonders pathologisch wirkende Figur eines *round square*; das *Kreis-Quadrat* wurde in der Kontroverse *pro* und *contra* auch häufig beschworen: Es ist eine einzige in sich geschlossene Gerade, die mit dem von Reid zitierten maximalen Kreis der idomenischen Geometrie identisch ist; werden auf dieser Geraden vier Punkte ausgezeichnet, so wird sie simultan mit dem maximalen Viereck derselben Geometrie identisch. Alle diese Ergebnisse waren den Teilnehmern der Diskussion unbekannt. So konnte davon auch Dr. Wards *Omnipotent Being* keine Kenntnis haben. Im Laufe der Auseinandersetzung im Rahmen der näher nicht genannten *private society* behauptete er seine These noch deutlicher: „I do not see how any one can deny – certainly Mr. Mill expressly admits – that the triangularity of all trilaterals can be known by purely *mental* experimentation; by the mere process of *imagining* a trilateral. The axiom then is self-evident; by which I mean, not merely that it is *immediately* known, but also that it is known to be true by the mere process of being duly pondered.“

Selbstverständlich gibt es auch einfachere geometrische Wahrheiten, die zu ändern außerhalb göttlicher Allmacht liegt. So ist der Satz von Pythagoras: „Take a right angled triangle, and erect squares on all the sides as in Euclid I, 47. Suppose this figure to move parallelly with itself, and a solid figure is of course the result. Omnipotence can create such a solid figure with perfect accuracy: but Omnipotence cannot effect, that the portion of it generated by the square of the hypotenuse shall be either greater or less than the sum of those two portions generated by the squares of the sides.“

In einem Vortrag, den er dort unter dem Titel *Some Thought on Necessary Truth* gab, unterstellte ein Mitglied der *private society* Dr. Ward die Auffassung, er würde die antieuklidische Figur eines Dreiecks, das kein Dreieck ist, wegen ihrer *inconceivability* für unannehmbar halten: „Dr. Wards argument in support of the thesis that mathematical axioms are necessarily true is this: The triangularity of all trilaterals can be known by purely mental experimentation, by the mere process of imagining a trilateral (. . .) Thus by a mere act of imagination we learn what God cannot do. (. . .) In fewer words God cannot alter mathematical axioms, because we have a conviction that God cannot alter them. A feeling of ours, the ‚conviction of necessity arising in our minds‘, is the negative limit of God’s power. He cannot do what we feel that he cannot do.“

Sein Kontrahent faßte Wards Konzeption im Folgenden zusammen:

„We thus find that Dr. Ward believes God to be able to bring about any result which man can distinctly imagine, and that he also believes on the strength of acts of his imagination and feelings in his own mind that there are other things which God cannot do. It would be natural to conclude from this that Dr. Ward makes the powers of his own mind, his power of conceiving or imagining, the measure of God's Omnipotence; (. . .) It is essential to his whole system that he should measure the power of God, and when examined it will distinctly appear that he does, in fact, measure it by the powers of his own mind. He does, as a matter of fact, argue upon the supposition that God cannot do certain things because the human imagination stands in the way of it, and that God can do everything which the human imagination can conceive or depict.“ Abschließend fügte er sein eigenes Urteil hinzu: *To me such an inquiry appears wholly absurd and monstrous.*

Mit Indignation wies Ward die Allegationen seines Gegners, in der *Dublin Review* – wo er ihn mit dem Siegel „Mr. —“ bezeichnet – zurück: Er hat ganz andere Argumente für die Unmöglichkeit antieuklidischer Aufsätze gebracht: „I am quite unable even to guess how Mr. — would reply to these arguments, because (though their exposition occupied many pages of the *Dublin Review*) he has apparently failed to observe them. Instead of replying to the arguments which I did adduce, — he apparently credits me with another which not only I did not adduce but which I expressly disavowed, and should repudiate I may almost say with abhorrence. He understands me as arguing, that geometrical axioms are necessarily true, because we cannot conceive their contradictories. Imagine a *Catholic* of all men committing himself to such an argument! Imagine a *Catholic* implying, that what is inconceivable is necessarily false! Did any one e.g. ever dream of maintaining that human beings on earth can conceive in its integrity the dogma of the Blessed Trinity? Of course I heartily agree with my critic, that things, utterly inconceivable by the human intellect, may to beings of a higher nature be the simplest of truths.“

Dr. Ward verteidigt Reid gegen die Idomenianer

Ebenso kategorisch weist Ward die Argumente eines *contemporary writer*, *who has pressed into his service* Reids *Geometry of Visibles*, zurück: es sei ein höchst *strange attempt to enlist Reid's authority on his side*. Dr. Ward hat zweifelsohne Recht, als er erwidert, es sei „quite impossible that Reid can have intended what is here implied, because notoriously he maintained that men cognize with certitude the self-evident truth of mathematical axioms.“ In der Tat: „It is certainly not very probable that Reid can have intended to argue against the necessary character of mathematical axioms, considering that he habitually and earnestly *upheld* their necessary character.“

Es ist auch nicht zu bezweifeln, „that Dr. Reid (. . .) intended the very truth, which it will be our own business to set forth in opposition to our present antagonist“. Doch weder Mill, noch der *contemporary writer* – *our*

present antagonist, haben Reids Philosophie für sich beansprucht. Ihre Autorität war Johannes Rudolphus Anepigraphus. Und Dr. Ward resümiert in seiner eigenen Interpretation den ungeschriebenen Bericht des Anepigraphus: „Let a planet be supposed, the inhabitants of which possess the sense of sight but not that of touch; while their mental constitution is identical with that of the human race. The objects, which the planetarian sees at any given moment, are all accounted by him as equally distant from himself, and accordingly as ranged on the inner surface of a hollow sphere, his eye being centre of that sphere. Let a straight line be placed before his vision: it will appear to him as the arc of a great circle of that sphere. He is told however on trustworthy authority.“ – zweifelsohne vom *Rosicrucian Philosopher* – „that it is a straight line; and he will therefore enounce, as a self-evidently necessary truth, that every straight line being produced will at last return into itself, and that any two straight lines being produced will meet in two points.“

Diese Erfahrung bestätigt die zum ersten Mal von Berkeley erkannte Fundamentalthese der *humanen* Erkenntnislehre: „Those geometrical axioms therefore (...) which contradict these two propositions, are not known to man by his mental constitution (for the planetarian has the very *same* mental constitution) but by his possessing and exercising the sense of touch.“

Auf diese Weise wird die Quelle des Paralogismus entdeckt: Verschiedene Gegenstände, wie *Kreis* und *Gerade*, werden mit einem einzigen Wort, *Gerade*, bezeichnet. „When once this argument is stated, there can hardly be any need of exposing its fallacy. The truth, which this planetarian regards as self-evidently necessary, is self-evidently necessary in the judgment of all objectivists: only he has learned to clothe it in non-human language. That form, which he has learned to designate by the name *straight line*, is precisely that which *human beings* designate an *arc of a great circle of a sphere*.“

Ward ist sich dessen bewußt, wie gefährlich es für die Logik der Bewohner der *distant Stellar region* wäre – diese ist doch mit der humanen Logik identisch –, wenn sie auch die humane Definition der *Gerade* als korrekt akzeptieren würden, und so verzichtet er lieber darauf, die möglichen Konsequenzen seiner Hypothese zu verfolgen: „Whether such a planetarian *could* conceive the idea which men call a *straight line*, is a question which we shall not here discuss.“

Dennoch bezweifelt er keinen Augenblick, wie sich die Bewohner anderer Welten entscheiden würden, würden sie vor die Alternative gestellt: welcher der beiden Sätze ist wahr, der euklidische oder der antieuklidische? Wird ein Bewohner der anderen Welt den euklidischen Satz kennenlernen – „if he do conceive that idea – possessing as he does the same mental constitution with men – he will cognize as self-evidently necessary, that no straight line however produced can possibly return into itself, and that no two straight lines can intersect in more than one point. In what language he will have learnt to *express* this idea *straight line*, we cannot of course guess.“

Er schließt die Argumentation mit einer Passage aus Reids *Inquiry* ab. In der Tat beweist der Passus unwiderlegbar: Reid hat es kategorisch abgelehnt, die idomenischen Sätze als Theoreme der *common geometry* zu akzeptieren; sie widersprachen doch dem *common sense!* *Surely this is final and decisive* – kommentiert Ward das Zitat.

Die Tatsache, daß Reid mit den *Idomenianern* nicht einverstanden war, scheint Ward offensichtlich hinreichender Beweis für die Falschheit Anepigraphus' Bericht zu sein, daß es ein anderes Universum gäbe, dessen anthropophyte Bewohner eine antieuklidische Geometrie für wahr hätten halten können.

Damit glaubt er einen wichtigen Sieg über seinen Gegner errungen zu haben in seinem Feldzug: „against that poison of antitheism, which just now so widely and so profoundly infects all the higher speculation of non-Catholic Europe.“

Ende des theologisch-geometrischen Duells

In der letzten Runde der Kontroverse trat der rätselhafte „Mr. —“ gegen Dr. Ward in der Öffentlichkeit auf. Er kämpfte – zum ersten Mal – mit offenem Visier. Er ließ sich als Sir James Fitzjames Stephen erkennen, der einst, damals noch ein bescheidener *Barrister*, die feurige Kontroverse mit geometrischen Brennstoff nährte.

Unter dem Titel *Necessary Truth* publizierte er im Band 1874/75 der *Contemporary Review*, eine Streitschrift gegen Dr. Ward, *perhaps the most prominent Roman Catholic representative in England*, einer Denkschule, die mit äußerster Vehemenz bestreitet, „that all our knowledge is founded upon experience, and that all our opinions on matters external to ourselves, which we can neither see, hear, touch, nor otherwise perceive by the exercise of our senses, are of the nature of more or less probable inferences founded upon what we can see, hear, touch, or otherwise perceive“.

Nach Auffassung dieser Schule *the principal doctrines of religion and moral rest upon a different basis*. Die Anhänger dieser Denkrichtung glauben an das Absolute, an Gott, an die Existenz notwendiger Wahrheiten, die durch Intuition unmittelbar erkennbar sind: „And it is almost conceded by them that this opinion cannot be maintained unless mathematical and especially geometrical truths can be shown to be based on the foundation on which, as they say, moral and religious truths are founded. They feel that it would be almost absurd to ask a man to *intue* (to use their strange dialect) the truth of the proposition *there is a God*, unless they can make out that he is accustomed to *intue* the proposition, two straight lines cannot enclose a space, and others of the same sort. This is the reason why the doctrine of necessary truth is asserted under all sorts of different names with such persistency and such an expenditure of needless ingenuity.“

Dennoch ist Geometrie eine Waffe, womit auch zurückgeschossen werden kann, und Stephen zögert nicht, in seiner Polemik gegen Dr. Ward davon Gebrauch zu machen. Er ist sarkastisch: Mit unverhohlener Maliziosität erinnert er Dr. Ward, daß *the catechism put forward by all the Ro-*

man Catholic bishops in England eine verborgene Geometrie in sich trägt: „When Mass is performed a quantity of wafers are consecrated at once, each of which is declared to be the true body of Christ, and Masses are being performed all over the world at the same moment. Hence if the statement in the catechism is true, the true body of Christ is in many places at one and the same moment of time. Hence God can cause a body to be in two or more places at once. Yet says Dr. Ward he cannot cause two straight lines to enclose a space.“

Er ist erbarmungslos: Beide Sätze sind unfaßbar, das gibt Dr. Ward zu, weswegen sollte dann der eine immanent falsch sein, der andere jedoch inhärente Wahrheit in sich tragen? „For these reasons I say that the doctrine of necessary truth cannot be stated in any coherent or intelligible form except a form which turns all mysteries into nonsense, and reduces all miracles to the type of such a discovery as the electric telegraph. Upon the whole, it appears to me that the word necessary as applied to truth is unmeaning. *Necessary truth* in short, is nothing but truth disfigured by an unnecessary adjective.“

Es gibt nur kontingente Wahrheiten und die Axiome der Geometrie gehören dazu. Sie stammen durch sinnliche Erfahrung aus der Wirklichkeit und ihre Wahrheit hängt von künftigen Erfahrungen ab. In diesem Sinne – nur auf die sinnliche Erfahrung bezogen – haben sie eine bedingte, relative Gültigkeit. Unsere Erfahrung kennt nur einen einzigen Raum. Es gibt und es kann deswegen auch nur eine einzige Geometrie geben. Unsere Erfahrungen sind euklidisch. Auch unsere Geometrie ist deswegen euklidisch und kann nicht anders sein. Theoretisch kann jedoch eine andere Erfahrung, sogar eine andere Wirklichkeit a priori nicht ausgeschlossen werden. „Thus our incapacity to imagine or conceive certain things proves simply that we have no experience which enables us to do so. It neither proves, nor to my mind does it tend to prove, that what we cannot imagine or conceive cannot be conceived or imagined by any other intelligent being, even if he is omnipotent. To me the expression *space of four dimensions* conveys no meaning whatever, but I am far from denying that it might convey a meaning to a being with faculties differently constituted, and I believe mathematicians would be able to give grounds for supposing that it would.“

Ward ist auch kein schlechter Fechter. In demselben Band der *Contemporary Review* richtet er einen Pfeil an die *Achillesferse* Stephens: Das Sinnesorgan der empirischen Erfahrung ist in Stephens Philosophie die *Einbildungskraft*, seine Experimente existieren und können nur – das gibt er selber zu – in der *Phantasie* Existenz haben: „It is plain then, that Mr. Stephen's argument must be vitiated by some extraordinary fallacy; and a moment's consideration shows what that fallacy is. He is confusing *physical* experimentation with *mental* experimentation. He proves that Sirian trilaterals are triangular – not because he has made any experiments in Sirius – but because he has experimented on the idea of a trilateral as that idea exists in his own mind.“

Was das Dogma der Transsubstantion betrifft, so ist sein Einbezug in

die Diskussion mit den Regeln der logisch korrekten Argumentation unvereinbar: es ist ein rein rhetorischer Trick, irrelevant für die Kontroverse zwischen ihm und Mr. Stephen. „If it were really true that the Catholic Church imposes a dogma indubitably contradictory to reason, that might be an excellent reason why Mr. Stephen should not become a Catholic, or why I should apostatize; but it could be no possible reason why Mr. Stephen and I should not unite in believing the cognizableness of necessary truth.“

Außer den sachlichen Argumenten, die alle bereits bei Mill zu lesen sind, führt Stephen zum ersten Mal auch ein Autoritäts-Argument in die Diskussion hinein. Im Oktober-Heft *Macmillan's Magazine*, 1872, ist ein Aufsatz von Clifford erschienen. „At the conclusion of that article, the author states his conviction that we do not know that mathematical axioms are universally true. Whether he is right or wrong in this I do not pretend to say. It is enough for my argument that a man of the highest scientific attainments deliberately makes such an assertion.“

Es klang wie eine Stimme aus dem Jenseits: Seit fünfzehn Jahren diskutierten Mansel, Mill, Stephen, Ward darüber, ob eine der euklidischen entgegengesetzten Geometrie *conceivable* wäre oder nicht. Erst jetzt erfuhren sie, daß in einer anderen Welt – in der der Mathematiker – eine solche Geometrie seit vierzig Jahren bereits gedacht wurde: *ergo est*.

Clifford sprach in seinen öffentlichen Vorträgen über den Umsturz in unserem Weltbild, die Lobatschewsky und Riemann mit der Gründung neuer Geometrien auslösten: „What Vesalius was to Galen, that Copernicus was to Ptolemy, that was Lobatschewsky to Euclid (. . .) Each of them has brought about a revolution in scientific ideas so great that it can only be compared with that wrought by the other. And the reason of the transcendent importance of these two changes is that they are changes in the conception of the Cosmos.“

Das Wort *nichteuklidische Geometrie* kam in Cliffords Vortrag nicht vor. Das Wort *Revolution* wurde in diesem viel Aufsehen erregenden Vortrag für die Charakterisierung dieses Ereignisses verwendet und trug die Bedeutung einer wissenschaftlichen Revolution. Dennoch, bei Clifford wurde es mit einem deutlichen politischen Akzent verwendet. Clifford war am Ende des 19. Jahrhunderts der bedeutendste Mathematiker Englands und einer der glänzendsten in der Welt. Dennoch war ursprünglich sein Interesse für die nichteuklidische Geometrie – wo er auch als Mathematiker Wesentliches leistete – nicht von seiner mathematischen, sondern politischen Zielsetzung motiviert. Er war Nonkonformist, ein Republikaner, ein Radikaler, ein Enthusiast der Darwinschen Evolutionslehre. Er erblickte in der nichteuklidischen Geometrie ein Ergebnis der ununterbrochenen Evolution des menschlichen Wesens. Er war ein offener Gegner jeder institutionalisierten Kirche und entdeckte in der neuen Geometrie ein Mittel der seelischen und sozialen Emanzipation. Die erhoffte emanzipatorische Rolle der neuen Geometrie bewog Clifford sogar dazu, populäre Vorträge darüber zu halten. Eine der wichtigsten Konsequenzen der nichteuklidischen Geometrie bestand in dem Beweis, den sie gegen das Dogma

der ewigen Wahrheit lieferte: „When it is maintained that we know these postulates to be universally true, in virtue of certain deliverances of our consciousness, it is implied that these deliverances could not exist, except upon the supposition that the postulates are true. If it can be shown, then, from experience that our consciousness would tell us exactly the same things if the postulates are not true, the ground of their validity will be taken away.“

Er erzählte seinem Publikum von seltsamen, flachen Lebewesen, die nur zwei Dimensionen des Raumes empfinden können, und auf einer sphärischen Fläche leben. Die Fläche ist ein Universum, die Großkreise sind Geraden. Ist die Kugel in einem dreidimensionalen Raum eingebettet, so sind die Großkreise Kurven. Existiert dennoch keine dritte Dimension, so ist die Kugeloberfläche das Universum selbst, die Totalität aller Dinge; folglich sind auch die Linien, die wir Großkreise nennen, effektiv Geraden und die Fläche ist auch im eigentlichen Sinne des Wortes eine Ebene, ein zweidimensionales Universum mit konstanter positiver Krümmung.

Zwar zitiert Clifford die *Geometry of visibles* nicht, offensichtlich ist die Geometrie, von der seine flachen Wesen berichten, mit dem System der *Idomenianer* identisch. Ihr Universum ist endlich, in sich abgeschlossen, alle Geraden treffen sich in zwei Punkten. Diese Geometrie ist nicht nur eine wahre – Clifford findet sie sogar schöner als die euklidische: „Upon this supposition of a positive curvature, the whole of geometry is far more complete and interesting; (. . .) In fact, I do not mind confessing that I personally have often found relief from the dreary infinities of homaloidal space in the consoling hope that, after all, this other may be the true state of things“ (1879: I 297 – 298, 320, 323).

Die historische Existenz Professor Cliffords, F. R. S., konnte nicht einmal vom ehemaligen Erzbischof Dublins in Zweifel gezogen werden. Außerdem hatte Clifford niemals von den *Idomenianern* erfahren, seine Quelle war nicht der Bericht des Rosenkreuzer Philosophen. Es sind also nicht mehr die von einem fiktiven Anepigrahus frei erfundenen Antropophyten, die eine andere Geometrie sich vorstellen und ihre Wahrheit mit Gefühl der Gewißheit auch fassen können: Es gibt mindestens ein lebendiges, humanes Wesen, – und es ist auch der größte Mathematiker Englands –, das die Axiome der Geometrie als keine notwendigen Wahrheiten empfindet. „How Dr. Ward can reconcile the fact that Professor Clifford has expressed such an opinion with his own theory of necessary truth I cannot imagine. The article in question directly contradicts, by its very existence, Dr. Ward’s assertion that a ‚conviction of necessity inevitably arises in our minds, when we contemplate any geometrical axiom‘. Unless Professor Clifford deceives himself on a matter of which no one else can judge, no such conviction arises in the mind of at least one very eminent mathematician.“

Dennoch, für Dr. Ward gibt es höhere Autoritäten. Er schließt seine Erwiderung mit folgender Erklärung:

„As I am writing in a non-Catholic periodical, I will conclude with an explanation, which is not, however, involved one way or other in the con-

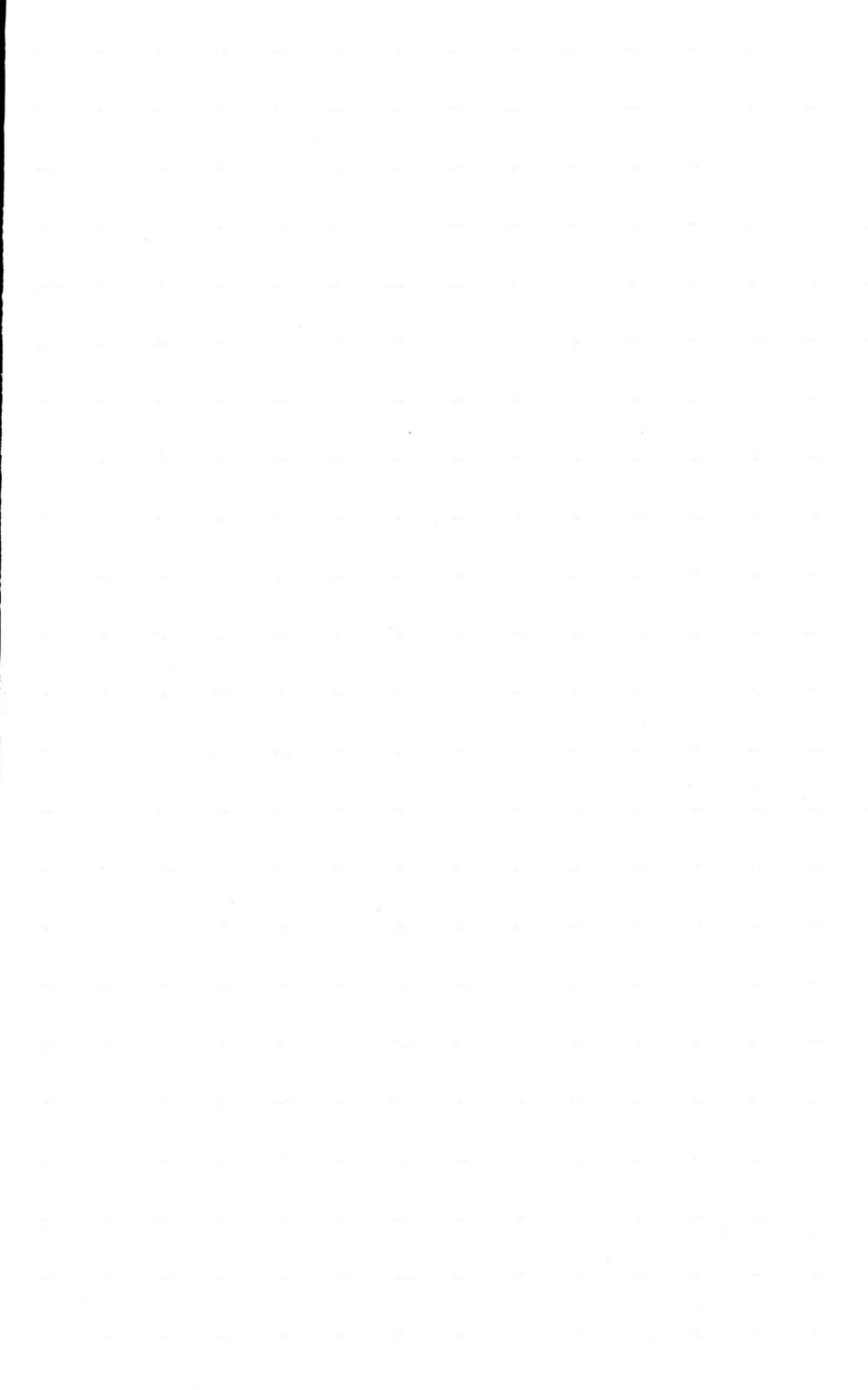
trovery between Mr. Stephen and myself. It may be asked, what is the relation which I believe to exist, between the necessary truths on which I have said so much and the One Necessary Being? The answer commonly given by Catholics, with which I entirely concur, is that necessary truths are founded on the Nature of God; that they are what they are, because He is what He is“ (1875: 546).

Und signiert mit vollem Namen: *William George Ward*. Alle Artikel, die er bis jetzt gegen Mill und Stephen geschrieben hatte, waren anonym veröffentlicht worden.

Literatur

- Ampère, A. M.* (1834): *Essai sur la philosophie des sciences, ou exposition analytique d'une classification naturelle de toutes les connaissances humaines*, Paris.
- Arnauld, A.* (1683): *Nouveaux Eléments de Géométrie*, Paris.
- Barrister* (1862): *Essays by a Barrister*, London.
- Berkeley, G.* (1965): *Philosophical writings* (ed. D. M. Armstrong), New York.
- Bonola, R.* (1906): *La geometria non euclidea: esposizione storico-critico del suo sviluppo*; Bologna.
- Borges, J. L.* (1957): *Fictions*, Paris.
- Breidert, W.* (1973): Die nichteuclidische Geometrie bei Thomas Reid, in: *Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte* 41 (1973) 51.
- Clifford, W. K.* (1879): *Lectures and Essays* (ed. L. Stephen, Fr. Pollock), London.
- Daniels, N.* (1972): Thomas Reid's Discovery of a Non-Euclidean Geometry, in: *Philosophy of Science* 39 (1972) 219–234.
- De Montferrière, A. S.* (1836): *Dictionnaire des sciences mathématiques pures et appliquées, tome II*, Paris.
- Du Cange* (1688): *Glossarium*, Paris.
- Hegel, G. W. F.* (1841): *Phänomenologie des Geistes* (Hrsg. J. Schulze), Berlin.
- Hilberd de Lavardin* (1854): *Opera omnia* (ed. Bourassé), Paris.
- Hösle, V.* (1982): Platons Grundlegung der Euklidizität der Geometrie, in *Philologus* 126 (1982) 180–197.
- Kant, J.* (1787): *Critik der reinen Vernunft*; 2te Aufl., Riga.
(1971): *Werke* (Hrsg. W. Weischedel), Darmstadt.
- Kelland, Ph.* (1843): *Lectures on the Principles of Demonstrative Mathematics*, Edinburgh.
(1864): On the Limits of our Knowledge respecting the Theory of Parallels, in: *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 23 (1864) 433–450.
- Leibniz, G. W.* (1900): *Oeuvres philosophiques*, ed. P. Janet; tome II, Paris.
(1903): *Opuscules et fragments inédits*, ed. Conturat, Paris.
- Lionni, L.* (1978): *Parallel Botany*, New York.
- Lobatschewsky, N.* (1837): *Géométrie imaginaire*, in: *Journal für die reine und angewandte Mathematik* 17 (1837) 295–320.
- M'Cosh, J.* (1866): *An Examination of Mr. J. S. Mill's Philosophy, Being a Defence of Fundamental Truth*; London.
(1868): *Philosophical Papers*, London.
- Mansel, H. L.* (1857): *Metaphysics*; in: *Encyclopaedia Britannica*, 8th ed.
- Marx, K.* (1973): *Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie 1857/58*.

- Mill, J. St.* (1971): *Autobiography* (ed. H. Stillinger), London-Oxford.
 (1979): *An Examination of Sir William Hamilton's Philosophy and of The Principal Philosophical Questions Discussed in his Writings* (ed. J. M. Robson), Toronto.
- Dr. Mises* (1846): *Vier Paradoxa*, Leipzig.
- Noss, B.* (1979): *W. K. Clifford – a mathematician and his heritage*; Typoscript, The City University, London.
- Pirandello, L.* (1930): *Sei personaggi in cerca d'autore*, Verona.
- Priestley, H.* (1774): *An Examination of Dr. Reid's Inquiry into the Human Mind on the Principles of Common Sense*, London.
- Reid, Th.* (1782): *Untersuchung über den menschlichen Geist nach den Grundsätzen des gemeinen Menschenverstandes* (aus dem Englischen nach der 3ten Auflage übersetzt), Leipzig.
 (1895): *Works* (ed. Sir W. Hamilton), 8th Ed. Edinburgh.
- Richards, L. J.* (1977): *The Reception of a Mathematical Theory: Non-Euclidean Geometry in England 1868 – 1883*; Typoscript, Harvard University, Cambridge Mass.
- Saccheri, G.* (1733): *Euclides ab omni naevo vindicatus; sive conatus geometricus quo stabiliuntur prima ipsa geometriae principia*; Milano.
- Sanchez, Fr.* (1955): *Tratados filosóficos* (ed. De Sá); Lisboa.
- Savius, H.* (1621): *Praelectiones tresdecim in principium Elementorum Euclidis, Oxonii habitae MDCXX*; Oxford.
- Smith, A.* (1971): *Essays on Philosophical Subjects*, New York.
- Smith, Sarah* (1979): *Ucello bianco*, Capoliveri.
- Sommerville, D. M. Y.* (1911): *Bibliography of Non-Euclidean Geometry*, London.
- Stephen, J. F.* (1874): *Necessary Truth*, in: *The Contemporary Review* 25 (1874 – 1875) 44 – 73.
- Toth, I.* (1967): *Das Parallelenproblem im Corpus Aristotelicum*; in: *Archive for History of Exact Sciences* 3 (1967) 256 – 301.
 (1972): *Die nichteuklidische Geometrie in der Phänomenologie des Geistes. Wissenschaftstheoretische Betrachtungen zur Entwicklungsgeschichte der Mathematik*, Frankfurt a. M.
 (1977): *Geometria more ethico. Die Alternative: euklidische oder nichteuklidische Geometrie bei Aristoteles und die axiomatische Grundlegung der euklidischen Geometrie*; in: *ΠΙΣΜΑΤΑ Naturwissenschaftliche Studien; Festschrift für Willy Hartner* (Hrsg. Y. Maeyama – W. G. Saltzer); Wiesbaden; 395 – 415.
- Valéry, P.* (1958): *Cahiers IV (1906 – 1913)*, Paris.
- Whately, R.* (1844): *Elements of Logic*, 8th Edition, London.
- Whewell, W.* (1837): *Thoughts on the Study of Mathematics as Part of a Liberal Education*, London.
 (1843): *Of the Plurality of Worlds: an Essay*, London.
- Ward, W. G.* (1871 a): *The Rule and Motive of Certitude*.
 (1871 b): *Mr. Mill's Denial of Necessary Truth*, in: *Dublin Review* 17 (1871) 40 – 65, 285 – 318. (1873): *Mr. Mill's Reply to the "Dublin Review"*, in: *Dublin Review* 21 (1873) 1 – 49.
 (1874 a): *Mr. Mill's Philosophical Position*.
 (1874 b): *Mr. Mill's Denial on Free Will*, in: *Dublin Review* 22 (1874) 1 – 39, 326 – 361.
 (1874 c): *A Reply on Necessary Truth*, in: *Dublin Review* 23 (1874) 54 – 63.
 (1875): *Necessary Truth (In Answer to Mr. Fitzjames Stephen)*, in: *The Contemporary Review* 25 (1875 – 1876) 527 – 546.



Evolutionstheorie und ihre Evolution

Claus Albers

Charles Darwin: Leben und Werk

Helmut Altner

„Licht wird fallen auf die Herkunft des Menschen“:
Das Bild des Menschen im Blick der
Evolutionstheorie

Christian Bauer

Was sagen uns biologische Makromoleküle über
das Darwin'sche Selektionsprinzip?

Wolfgang Gebhardt

Gibt es eine physikalische Evolution?

Dieter Bierlein

Über die Rolle des Zufalls in Evolutionsmodellen

Robert Hettlage

Variationen des Darwinismus in der Soziologie

Heinrich Petri

Christlicher Glaube und evolutionistisches
Weltbild

Imre Toth

Gott und Geometrie –
eine viktorianische Kontroverse



Die Schriftenreihe
der Universität Regensburg
erscheint im
Buchverlag der
Mittelbayerischen Zeitung
Regensburg

ISSN 0171-7529
ISBN 3-921114-56-X